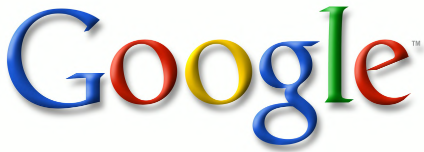
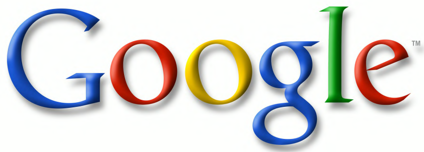
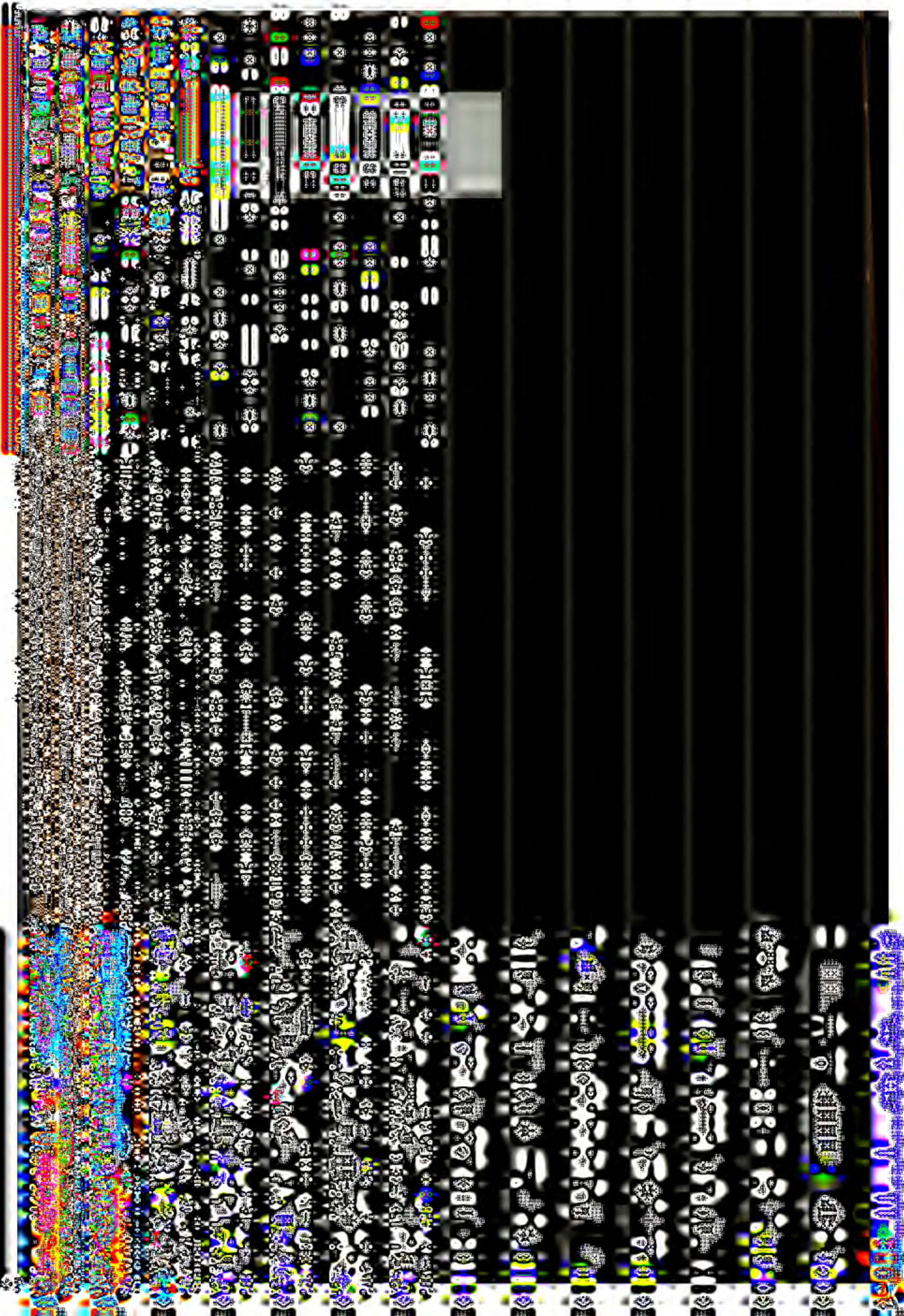
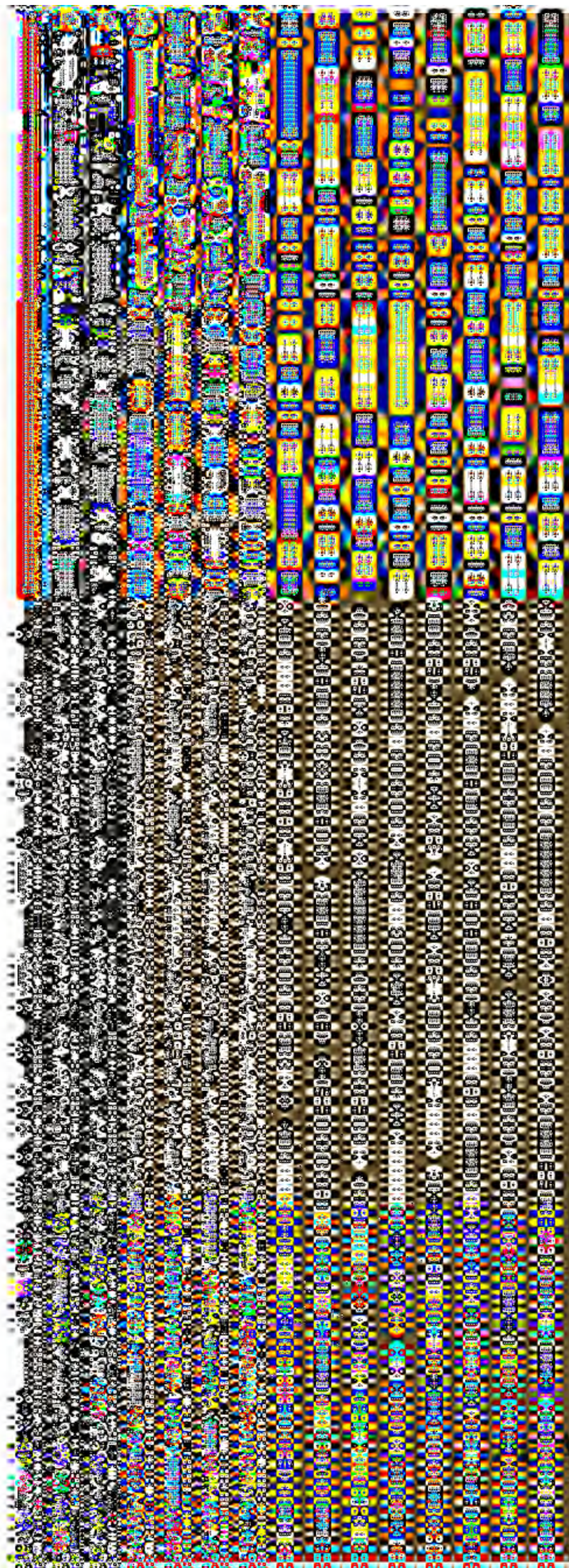






1 December



DE

EN

A. GEVERS LEUVEN.



BIJDRAGEN

tot de Aërodynamica der Luchtwegen.

BIJDRAGEN
tot de Aërodynamica der Luchtwegen.

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN

DOCTOR IN DE GENEESKUNDE

AAN DE RIJKS-UNIVERSITEIT TE UTRECHT,

NA MACHTIGING VAN DEN RECTOR MAGNIFICUS

Dr. C. H. H. SPRONCK,

HOOGLEERAAR IN DE FACULTEIT DER GENEESKUNDE,

volgens besluit van den Senaat der Universiteit tegen de bedenkingen van de faculteit der Geneeskunde te verdedigen

OP

DINSDAG 1 DECEMBER 1903, DES NAMIDDAGS TE 4 UUR,

DOOR

JEAN MARIE ANTOINE GEVERS LEUVEN,

SEMI-ARTS

geboren te 's-HERTOGENBOSCH.



DEN HAAG — 1903.

DE 'S-GRAVENHAAGSCHE BOEK- EN HANDELSDRUKKERIJ

VOORHEEN GEBRS. GIUNTA D'ALBANI.

AAN MIJNE OUDERS.

Bij het verschijnen van mijn proefschrift wil ik allereerst mijn dank betuigen aan de Professoren der Philosophische Faculteit aan de Leidsche Hoogeschool, van wie ik voorbereidend medisch onderwijs ontving.

Voorts bied ik U Hooggeleerde Professoren en Lectoren der medische Faculteit alhier mijn oprechten dank aan voor het onderricht van U genoten.

In het bizonder aan U mijn dank Hooggeleerde ZWAARDEMAKER, *hooggeachte Promotor, voor Uw niet genoeg te waardeeren voorlichting en de buitengewone belangstelling, mij bij het vervaardigen van mijn proefschrift betoond.*

Dan toch is het voor ons jongeren mogelijk iets degelijks te leveren bij het onbeholpen rondtasten, dat wij bij den aanvang doen, zoo wij op een hulp als de Uwe mogen steunen. Onder Uwe leiding wetenschappelijk werk te leveren is een genot. Uw onwrikbaar geduld en de onveranderlijke opgewektheid, waarmede Gij in oogenblikken van moedeloosheid ons weet op te beuren, maken dat wij gemakkelijker de moeilijkheden bestrijden.

Veel heb ik van U geleerd; veel ook als mensch, dat ik in dankbare herinnering zal bewaren.

Ten slotte nog een woord van warmen dank aan allen, die mij bij mijn werk met raad en daad bijstonden.

INHOUD.



HOOFDSTUK I.

Inleiding en Historisch Overzicht.

Terwijl vroeger de verschillende wegen waarlangs de wetenschap tot het wezen der dingen trachtte door te dringen van elkander onafhankelijk schenen, zoo wordt het tegenwoordig hoe langer hoe duidelijker, dat men niet zonder elkaar kan en zoekt de Physiologie, om maar één voorbeeld der vele te noemen, dikwijls haar hulp bij de zooveel oudere Physica. Deze toch is ons dikwijls tot steun, zij bedriegt ons nooit en veel wat ons als onwaarschijnlijk voorkwam, blijkt volgens natuurkundige wetten verklaard te kunnen worden.

De Aërodynamica is een nieuw hoofdstuk der Physica geworden, dat zich ontwikkeld heeft door de studie der ventilatie van gebouwen en mijnen, en in de laatste jaren van de luchtscheepvaart. Zij beschrijft de verschijnselen van de beweging van gassen en de wetten waaraan deze bewegingen gehoorzamen.

De leer der ademhaling op haar beurt kan hiervan

nut trekken en mijne verhandeling is eene bijdrage tot een toepassing van de aërodynamica op de luchtstroomen in ons respiratietoestel. Inzonderheid zal ik mij bezig houden met de luchtstroomen in het bovenste gedeelte, dat wat onze oostelijke naburen „obere Luftwege" noemen.

Het is doelmatig de algemeene beteekenis van de aanwezigheid van een bovensten luchtweg na te gaan. Aan den ingang is die weg dubbel aangelegd, doordat het Septum narium den neus in tweëen deelt, de Pharynx daarentegen en de Larynx bezitten geen tusschenschot.

Vragen wij ons van een teleologisch standpunt af, waartoe wij een dubbelen neus hebben, dan is het antwoord, dat de symmetrie dat meebrengt, geheel onvoldoende.

Behalve, dat de dubbele luchtweg secundair nut aan de respiratie bewijst door beter vochtig houden en beter van stof bevrijden, is de dupliciteit misschien ook aanwezig op gronden onafhankelijk van de respiratie. Men zou zich b. v. kunnen voorstellen, dat het onderkennen der onderdeelen van een mengsel van reukstoffen, het waarnemen van de richting van waaruit de riekende stof de eene helft of wel de andere van den neus der dieren bereikt, hen bij het opsporen van voedsel van nut is. Indien ik mij niet bedrieg, is ook de mensch nog in staat eenigermate aan te geven welke zijner beide zintuighelften door den reukprikkel wordt getroffen.

Gegeven dan de dubbele luchtweg; hoe verhoudt zich daarin de luchtbeweging?

Dit is de vraag, die ik mijzelf gesteld heb en waarvoor ik getracht heb eene oplossing te vinden.

Dank zij de graphiek zijn vele eigenaardigheden aan het licht gekomen, maar ook veel daarvan zal nog eenigszins duister blijven.

Toch is het mij eene voldoening dezen arbeid verricht te hebben op een nog vrij wel braak liggend terrein en ik stem volkomen in met Mink [1]) waar hij zegt:

„De beteekenis van den neus voor de ademhaling „is ook voor de praktische geneeskunde een kwestie „van het hoogste belang. Er zijn toch weinig organen, „die zoo dikwijls afwijkingen vertoonen als juist de „neus. Het is daarom te betreuren, dat er nog zoo vele „onopgeloste vragen overblijven en wij zoo dikwijls „op hypothesen moeten bouwen op een terrein, waar „het organisme het eerst en het meest intiem met zijn „omgeving in aanraking komt. Voor alles geldt het „te meten. Zoo ter snede merkt Prof. Zwaardemaker „op, dat de periode van schitterenden vooruitgang der „geneeskunde in de eeuw, die achter ons ligt, zich „kenmerkt doordat maat en getal hun intocht deden „in de kliniek.

„Ik geloof, dat in dit opzicht de ademhaling schro-

---

1) Mink. De neus als luchtweg. Geneesk. Bl. Negende Reeks. N⁰. IV.

„melijk verwaarloosd is en dat een practisch instru-
„mentje ter bepaling van de drukverschillen bij de
„respiratie, een plaats verdient in het armamentarium
„van elken medicus".

Al heb ik dan niet die wensch van Mink vervuld, toch heb ik een toestelletje gevonden dat, al is het technisch nog voor volmaking vatbaar, op het brugprincipe steunend, de verhouding der doorgankelijkheid in de beide neushelften en in verband met een ander reeds beschreven toestel, ook de absolute doorgankelijkheid aangeeft. Ook eene inrichting om het „athemvolum" te bepalen vindt in dit boekje haar plaats.

Alvorens echter tot het bespreken mijner experimenten over te gaan, wil ik in het kort een historisch overzicht geven van hetgeen er over dit onderwerp reeds geschreven is

De eerste onderzoeker, dien ik hier vermelden wil, is Aschenbrandt [1]). Al heeft hij nu niet bepaald de doorgankelijkheid van den neus voor lucht bestudeerd zoo heeft hij zich toch verdienstelijk gemaakt door te onderzoeken in hoeverre de inspiratielucht verwarmd werd in den neus en hoe haar vochtigheidstoestand veranderde.

Zelf geeft hij nog vroegere onderzoekers aan als:

1) Aschenbrandt. „Die Bedeutung der Nase für die Athmung." Würzburg 1886.

Mackenzie, Bresgen, Major, maar vooral Catlin, „der grosse Apostel der Nasenathmung".

Aschenbrandt komt dan tot het resultaat, dat de lucht tot minstens 30° C. verwarmd, en volkomen met waterdamp verzadigd wordt. Wat dit laatste betreft, zegt hij:

„Die Annahme einer Reihe von Autoren, die Wasser- „abgabe der Lunge an die eingeathmete Luft sei eine „bedeutende, ist irrthümlich. Die Luft wird in der „Nase schon ihrer Temperatur entsprechend bis zu „ihrer absoluten Feuchtigkeit gesättigt".

Na hem heeft Kayser [1]) in Breslau zich met datzelfde onderwerp bezig gehouden en komt over het algemeen tot dezelfde resultaten wat verwarming en vochtigheidstoestand van de lucht betreft, alleen met dit onderscheid, dat hij de overtuiging verkreeg, dat die beide zoowel voor de neus- als mondademhaling vrijwel dezelfde zijn, zij het ook dat de mondademhaling daarbij iets in de minderheid blijft.

Later is Bloch [2]) met weer andere opvattingen over het onderhavige geval voor den dag gekomen. Hij geeft toe, dat de lucht door den neus tot ongeveer 30° C. verwarmd wordt, doch ontkent, dat zij met waterdamp verzadigd zou worden. Dit zou volgens hem

---

1) Kayser. „Die Bedeutung der Nase und der ersten Athmungswege für die Respiration." Pflüger's Archiv Bd. XLI.

2) Bloch. „Untersuchungen zur Physiologie der Nasenathmung." Zeitschrift f. Ohrenheilkunde. Bd. XVIII.

slechts voor twee derde het geval zijn. Kayser [1]) heeft Bloch weder bestreden en wijst nogmaals door proeven op dieren, dat zijne reeds vroeger medegedeelde resultaten juist zijn.

Ook Schutter [2]) deed onderzoekingen in deze richting en komt tenslotte tot het volgende resultaat wat de verwarming der respiratielucht betreft:

„La moyenne de toutes les observations est donc „pour l'aspiration par le nez de 33° C.

„Par la bouche de 32°. 2 C.

„Quant à l'état hygrométrique:

„Pour l'aspiration par le nez de 142 milligrammes „en 5 litres. Pour l'aspiration par la bouche de 126 „milligrammes en 5 litres.

„Nous avons donc trouvé, que 5 litres d'air aspirés „par le nez à une température de 33° C. ont absorbé „142 milligrammes de vapeur d'eau et que 5 litres „d'air aspirés par la bouche, à une température de „32°. 2 C. en ont absorbé 126 milligrammes. Or, d'après „les tables physiques 5 litres d'air de 33° C. saturés „de vapeur d'eau contiennent 178 milligrammes et de „32°. 2 C. en contiennent 166 milligrammes. Donc, dans „les deux cas le degré de saturation de l'air aspiré „est d'à peu près $\frac{7}{9}$."

Terloops vermeld ik hier nog, dat de neus ook be-

---

1) Kayser. Ueber Nasen- und Mundathmung Pfl. Archiv. Bd. XLII.

2) Schutter. Le nez et la bouche comme organes de la respiration. Annales des maladies de l'oreille, du Larynx, etc. 1892.

studeerd is met het oog op den invloed, dien hij uitoefent op het stofgehalte van de lucht.

Verschillende auteurs hebben te dien opzichte gevonden, dat de lucht met kiemen bezwangerd langs onze respiratiewegen binnenkomt, doch geheel kiemvrij ons weer verlaat. Een uitvoeriger resumé dienaangaande vindt men bij Zarniko [1]).

Ook de weg, die de lucht bij respiratie door onzen neus volgt, is door een reeks onderzoekers nagegaan. De eersten van hen, Bidder en H. von Meyer, gingen speculatief te werk en grondden hunne meening op den anatomischen bouw van den neus. Paulsen was echter de eerste, die experimenteel den weg vaststelde. Hij vond, dat de lucht haren weg met een boog naar boven nam, langs den onderrand der concha media en superior [2]). Dit werd gevonden door den kop van een dood dier juist in de mediaanlijn te halveeren en den neus langs het septum open te snijden. Zoo kon de binnenvlakte met kleine stukjes lakmoespapier bedekt, en alles daarna weer in situ teruggebracht worden. Liet men nu ammoniak door den neus strijken, zoo teekende zich de weg door de verkleuring der lakmoespapiertjes. Later liet Zwaardemaker op analoge

---

1) Zarniko. „Die Krankheiten der Nase u. des Nasenrachenraums." Berlin 1903.

2) Geciteerd volgens Zwaardemaker „Physiologie des Geruchs." Leipzig 1895 S. 41 en J. Gaule in Heymann'sch Handbuch der Laryngologie u. Rhinologie. Bd. III S. 152.

wijze den walm van een roetende lamp door een gipsafgietsel van de neusholte van een paard gaan en volgde zoo den weg, dien de stroom nam, terwijl Franke dit doel bereikte door tabaksrook door een gehalveerden kop te zuigen, nadat de achtergrond met inkt was zwart gemaakt.

Danziger [1]), en ook Réthi [2]) bestudeerden den luchtweg. De eerste onderscheidt drie typen der luchtbeweging in den neus, welke afhankelijk zijn van de ligging der neusgaten ten opzichte van de bovenlip, hetzij deze horizontaal is, hetzij onder een scherpen of stompen hoek. In de beide eerste gevallen scheen de stroom naar het dak der neusholte gericht te zijn; als echter de hoek, welke het septum met de bovenlip maakt een stompe was, ging de stroom niet zoo ver naar boven.

Réthi besluit, dat het grootste gedeelte van de lucht in den beginne naar boven stroomt, ter hoogte van het voorste einde der concha media naar achter gaat, en aan het achterste concha einde naar beneden gericht is.

De eerste schrijver, die volgens mijn weten het onderwerp der doorgankelijkheid van den neus voor lucht heeft aangeroerd, is Zwaardemaker [3]).

In zijne verhandeling over Anosmie, eene klinische analyse, heeft hij het in de onderafdeeling Anosmia

1) Danziger, F., Uber die Luftbewegung in der Nase während des Ahmens. Monatschr. f Ohrenheilkunde 1896. S. 331.

2) Geciteerd volgens Zwaardemaker. „Geruch". Separat-Abdruck aus „Ergebnisse der Physiologie". Erster Jahrgang S. 898. 1902.

3) Nederl. Tijdschr. voor Geneeskunde 1889. Dl. I.

respiratoria over een meer objectief en eenvoudiger hulpmiddel dan het neusgeblaas om de meerdere of mindere doorgankelijkheid na te gaan.

Hij houdt patient een reflector of metalen plaat onder den neus en ziet dan bij exspiratie twee met waterdamp beslagen plaatsen verschijnen, beantwoordende aan de beide „luchtkegels", die uit de neusgaten zijn gedrongen. Normaliter zijn die vlekken volkomen symmetrisch. Is een der neusgangen echter wat verstopt, zoo zal het beslag aan die neusgang toebehoorende kleiner zijn. Men bestudeere echter ook de uitwendige openingen. Bij volkomen gelijke doorgankelijkheid kunnen toch de vlekken in grootte verschillen. O. a. komt dit voor bij paralyse van den N. facialis.

In een latere verhandeling over „de Ademaanslag als diagnosticum der Nasale Stenose" [1]) komt hij uitvoeriger op de bovengenoemde vlekken, die hij nu „ademvlekken" noemt, terug, terwijl hij er een merkwaardige eigenschap de schuin overlangsche splitsing van beschrijft.

„Men hoede zich echter een andere gevolgtrekking „te maken, dan waartoe men gerechtigd is: het een„voudige feit der eenzijdige stenose. Met name kan „men vooralsnog geen oordeel vellen omtrent den zetel „der stenose. Wel is het waarschijnlijk, dat eene engte „vooraan in de neusholte, de ademvlek meer zal ver-

1) Nederl. Tijdschr. voor Geneeskunde 1889. Dl. I p. 297.

„kleinen dan eene stenose, welke achteraan is gelegen. „Daarentegen zal de kleine vlek in het eerste geval „langer blijven bestaan dan de breede, vluchtige wasem, „die bij eene posterieure stenose op de spiegelvlakte „wordt geworpen.

„Maar dit zijn toch gewaagde redeneeringen. Slechts „onder voorbehoud zal men eene gissing aangaande de „localisatie van de engte kunnen wagen. In het alge„meen schijnt alleen een stellig besluit omtrent de „aanwezigheid, niet omtrent de ligging der vernauwing „geoorloofd."

Ook Kayser [1]) heeft in 1895 een verhandeling gepubliceerd over de doorgankelijkheid van den neus.

Vooreerst bespreekt hij daarin, dat Paulsen en hijzelf experimenteel de richting hebben aangetoond, die de luchtstroom neemt, en dat die een naar boven boogvormige is. Vervolgens bespreekt en photographeert hij de ademvlekken van Zwaardemaker. Daaruit zal men wel eenig inzicht verkrijgen in het verschil in doorgankelijkheid, maar de totale doorstrooming is daarmede niet bekend geworden.

„Es ist wohl denkbar, und klinische Erfahrung weist „darauf hin, dass trotz erheblicher Differenzen in der „Durchgängigkeit der Nasenhöhlen gegen einander, „doch die Athmungsfunction als Ganzes wenig oder

---

1) Kayser. „Die exacte Messung der Lufddurchgängigkeit der Nase". Archiv. f. Laryngol. u. Rhinol. 3 Bd. 1895. pag. 101.

„gar nicht beeinträchtigt zu sein braucht und umge-„kehrt."

De beste methode om de doorgankelijkheid voor lucht, alzoo de som van alle weerstanden op absolute wijze te bepalen, ware volgens Kayser den neus met vloeistof te vullen, zoo niet hoogstwaarschijnlijk een deel van den neus als doode ruimte moet beschouwd worden. waardoor geen respiratielucht gaat. Daar bij gelijken druk en gelijke hoeveelheid lucht de stroomingstijd als maat kan dienen, wordt de te overwinnen weerstand gemakkelijk bepaald. Zijn toestel is dan ook hierop gebaseerd. De druk en de hoeveelheid lucht worden door een belasten blaasbalg, de tijdmeting door een automatisch waterwerk bepaald. De blaasbalg staat in verbinding met een glazen buis, welke de te onderzoeken persoon in den mond neemt tot aan den Isthmus faucium ingebracht. De uvula moet hangen, de mond vast om de buis gesloten zijn en de adem ingehouden worden. Is de blaasbalg in werking, zoo wordt de opgezogen lucht door den geheelen neus heengevoerd.

In 1897 verscheen een werk van Mendel [1]) over de physiologie en de pathologie der neusademhaling. Hoewel overtuigd van de superioriteit der neusademhaling boven die door den mond, zoo komt hij door vergelijkende studie er toe, dat de mondademhaling hoe langer hoe duidelijker wordt, hoe hooger men in

---

1) Mendel. Physiologie et Pathologie de la Respiration nasale 1897.

de gewervelde dierenreeks komt. Bij het paard is de neusademhaling eigenlijk de eenige weg, bij den hond al minder, terwijl eindelijk bij den mensch de mondademhaling veel gemakkelijker is, en een compensatie kan zijn indien de neusgangen verstopt zijn.

De neus is de ademweg bij uitnemendheid, hoewel er gevallen zijn waarbij de mondweg tevens noodig is, en deze somtijds voortdurend eenigermate open staat.

„Mais il est de toute évidence que cette attitude n'est „pas normale: elle s'établit par besoin et par éducation. „Elle est si peu naturelle que l'usage même de „la bouche comme orifice respiratoire est inconnu „aux nouveau-nés d'après la curieuse observation de „Honsell."

Verder zegt hij: „Nous pouvons presque dire que „lors d'une inspiration, faite la bouche largement „ouverte, il ne passe pas d'air par le nez. Mais, l'orifice „buccal devenant progressivement plus étroit, l'air „passe davantage par le nez, jusqu'à ce que la bouche „se fermant, l'air passe en totalité par l'orifice nasal.

„De sorte que le conduit nasal ne prend toute sa „valeur que lorsqu'on inspire, la bouche fermée.

(Kinderen met adenoid, hebben den mond steeds half geopend).

„Cette entr'ouverture de la bouche constitue un petit „orifice rectangulair, une fente transversale, délimitée „en réalité par les dents supérieures et inférieures qui „ne sont écartées les unes des autres que de 2 à 3

„millimètres. Comme la largeur de l'orifice buccal est „de 25 à 35 millimètres, nous pouvons ainsi lui assigner „comme surface 75 à 105 millimètres carrés. Cette „superficie est bien inférieure à la superficie d'une seule „narine (hij vond die 120 à 157 mM^2). On voit donc „combien la respiration buccale est inférieure à la „respiration bi-narinaire, en dehors de la fonction rhino-„pharyngienne."

Wederom was het Zwaardemaker [1]) die in 1900 het vraagstuk der doorgankelijkheid onder handen nam. Hij vroeg zich af of er methoden te vinden zouden zijn, „die het vraagstuk rechtstreeks voor afgebroken stroomen en voor wisselstroomingen van de frequenties, die feitelijk bij de ademhaling worden aangetroffen, zouden kunnen oplossen."

Hij is toen in navolging van Holtz en van Shaw [2]) het principe van de brug van Wheatstone, die zooals wij weten voor electrische stroomen gebruikt wordt, op luchtstroomen gaan toepassen. [3])

Eerst werden als Manometer de gevleugelde zaden van Taraxacum officinale, later een gewone U-vormig omgebogen buis met wat wijn er in gebruikt. Bij afbrekende en wisselende stroomen is een toestel van

1) Zwaardemaker. „Aërodynamica der luchtwegen." Nederl. Tijdschr. v. Geneeskunde. 1900, Dl. II, blz. 65.

2) Shaw. Proc. of the Royal Society of London 24 April 1890, vol. 47. pg. 462.

3) Voor de verklaring van het beginsel zie men het Tijdschr. v. Geneeskunde. 1900, Dl. II, n⁰. 2.

geringere traagheid noodzakelijk. Er volgt dan de beschrijving van zijn drukverschilmeter op blz. 74.

„Het meest simpele vraagstuk is ongetwijfeld wel de „doorgankelijkheid der bovenste luchtwegen bij een klein „proefdier vast te stellen. De eenige voorbereidende „operatie is dan alleen de tracheotomie, opdat een der „takken van de kleine brug oraalwaarts in de trachea „kan worden gebonden. De hiermede symmetrische tak „wordt door een vergelijkingsbuis ingenomen, waartoe „wij steeds een glazen buis van 20 cM. lengte en 5 „mM. lumen bezigden."

De waarneming leerde, dat de brug in evenwicht was, indien tijdens inspiratie,
bovenste luchtwegen: vergelijkingsbuis = $0.6^2 : 2^2$
tijdens exspiratie,
bovenste luchtwegen: vergelijkingsbuis = $0.65^2 : 2^2$.

Reeds toen zeide hij, dat deze methode ook in staat is de doorgankelijkheid bij den mensch na te gaan.

De doorgankelijkheid van buizen voor lucht is eveneens door Zwaardemaker met de luchtbrug bepaald [1]).

In het jaar 1902 verscheen van denzelfden schrijver eene verhandeling „die Luftbrücke" [2]) genaamd, waaruit ik het volgende hier wensch te vermelden.

Allereerst dan het principe van de methode.

---

1) Centralblatt für Physiologie 27 Oct. 1900, Heft 15.

2) Zwaardemaker „Die Luftbrücke."Archiv. f. Anatomie und Physiologie Abtheiling Supplement 1902 blz. 399.

Auerbach geeft een beschrijving van de electrische brug en zegt er van dat een stroombrug een systeem is van 6 takken, namelijk een vierhoek met 2 diagonalen. Werken in alle takken willekeurige constante electromotorische krachten, en is de stroomsterkte in de eene diagonaal even groot, hetzij de andere diagonaal open is of gesloten, zoo staan de weerstanden van de vier zijtakken tot elkaar in de volgende verhouding:

$$W_1 : W_2 = W_3 : W_4.$$

Bezigen wij nu hetzelfde principe voor luchtstroomen en denken ons een vertakt systeem, waarvan de beide armen zich, nadat zij een tijd lang van elkander verwijderd hebben geloopen, weder vereenigen, bijvoorbeeld in de vrije lucht uitmonden.

Bevindt zich nu in dit systeem tusschen de beide afzonderlijk loopende takken ergens een verbinding, welke men dan brug strictiori sensu noemen kan, zoo is het duidelijk, dat zoo zich in dit systeem een luchtstroom beweegt, geheel verschillende stroomingen aanwezig kunnen zijn naar gelang van de weerstanden in de buizen, of de doorgankelijkheid voor lucht. Door regeling van den weerstand in de buis kan bereikt worden, dat er geen verandering komt noch in de richting, noch in den stroom zelf.

Zoo gebruikt hij dan bruggen met schijfopeningen en met schuiven.

De doorgankelijkheid van een niet al te nauwe schijfopening is, als men, wat geoorloofd is van de con-

tractio venae afziet, proportionaal aan het areaal. Men heeft dus de tweede macht van den diameter der opening in rekening te brengen.

Het voordeel van een schuifluchtbrug boven een met schijven is, dat men bij de eerste de opening tot in onderdeelen van millimeters kan regelen, terwijl men deze bij de laatste slechts sprongsgewijze kan veranderen.

Ter wille van de chronologische volgorde moet ik thans Mink [1]) bespreken, hoewel hetgeen ik van zijn werk wil vermelden eigenlijk hiervoor reeds een plaats moest hebben. De weg die de lucht door den neus neemt is volgens hem een andere dan Paulsen, Zwaardenmaker e. a. vonden.

Bij inspiratie gaat de lucht tusschen de middelste concha en het septum door. Men bedenke echter, dat er bij de inspiratie een negatieve druk heerscht in de neusholte en dat dientengevolge het caverneuse weefsel van de middelste concha met bloed gevuld zal worden. Komt nu bij de exspiratie lucht door de choanen in den neus terug, zoo vindt zij daar door de bovengenoemde bloedvulling der middelste schelp den doorgang vernauwd en zal zij dus genoodzaakt zijn haren weg lager te nemen. [2])

---

1) Mink. „De neus als luchtweg". Geneeskundige bladen, 9de Reeks, n°. IV, 1902.

2) Zoo ook Vintschgau, behalve dat hij niet spreekt over de vulling der concha met bloed. Hermann'sch Handbuch der Physiologie. Bd. III. Dl. 2 p. 246.

Bij de behandeling van de reflexprikkelbaarheid van het neusslijmvlies zegt Mink:

„De dagelijksche ondervinding leert, dat reeds eenigs-„zins frisschere lucht, vooral als zij droog is, prikkelend „op het neusslijmvlies werkt. Kayser kon zelfs het „slijmvlies rooder zien worden bij inademing van zeer „koude lucht. Omgekeerd bewerkt een warme, vochtige „lucht, zooals men die bijv. in serres voor tropische „planten aantreft, een gevoel van beklemdheid en „drukking op de borst. Deze invloed treedt zoo snel „op, dat moeilijk aan een werking op het geheele „organisme maar eerder aan reflectorischen invloed „gedacht moet worden.

Ten slotte komen wij dan aan de bespreking van het onderwerp, dat Courtade [1]) behandeld heeft, dat vrij wel dezelfde richting heeft als die ik mij ten doel heb gesteld, al hebben wij dan ook andere wegen bewandeld.

In het eerste gedeelte (Tome XVI n°. 3) behandelt schrijver geschiedenis en verschillende ziekten, waarbij een vernauwing van de bovenste luchtwegen kan voorkomen.

Zinnen als: „Des instruments destinés à découvrir „et mesurer le manque de permiabilité du nez, aucun „n'est passé dans la pratique courante soit à cause de „l'insuffisance des résultats, soit à cause des difficultés „de la manipulation ou du long temps qu'elle exige" en:

1) Courtade. Etude clinique et physiologique de l'obstruction nasale. Archives Internationales de Larynyologie etc. Tome XVI n°. 3, n°. 4.

„l'obstruction nasale, au lieu d'être soumise à la seule „appréciation du malade ou de l'examen objectief par„fois insuffisant, peut être mensurée avec la même „précision que l'est le pouls avec les instruments ap„propriés," maakten mij buitengewoon nieuwsgierig, doch in dat eerste stuk vond ik nog niets. In Tome XVI n°. 4 beschrijft hij zijn „Pneumodographe". Deze toestel is eigenlijk hetzelfde, wat de metalen plaat van Zwaardemaker is, behalve, dat Courtade er ook nog een plaat bij heeft aangebracht om het beslag van den mond op te vangen.

Om die ademvlekken te fixeeren, legt hij op de platen papier buvard en frotteert dat papier met een tampon met safranine. Wanneer het dan na drie of meer uitademingen vochtig wordt, is het intensief gekleurd.

Van 65 menschen die alle door den neus ademden, vond hij er 33 waarvan de beide neusgangen precies even doorgankelijk waren.

Den nasalen respiratiedruk meet Mendel met zijn Pneurhinomètre à pendule. Het is een vierkante langwerpige koker, waarin op een bepaald punt een ventiel is aangebracht, dat correspondeert met een wijzer buiten aan den toestel, welke op een graadboog kan aangeven hoever het ventiel door de doorstroomende lucht uit zijn evenwichtsstand verplaatst wordt.

De koker kan door een elastieke slang met den neus verbonden worden. De ijking geschiedde met een

caoutchouc ballon met lucht gevuld, welks inhoud men door het openen van een kraan door den toestel kan laten.

De snelheid der inspiratielucht bij gewone respiratie, waarbij de eene neus met een manometer verbonden is, de andere vrij in de lucht uitmondt, zou 15 M. per seconde zijn bij een druk van 15 mM. water, en die van de exspiratie bij een druk van 10 mM., 12 Meter.

De hoeveelheid lucht, die passeert door een glottis van 18 mM. bij 6 mM. met een snelheid van 15 M. wordt op 800 cM^3. geraamd.

In aansluiting aan dat laatste wil ik nog volledigheidshalve enkele oudere literatuuropgaven aanhalen.

Allereerst zij de bepaling der vitale capaciteit, d.w.z. het zoo groot mogelijk gemaakte ademvolumen door Hutchinson ingevoerd, vermeld. Men dacht aanvankelijk, dat deze bepalingen voor de diagnostiek van zeer groote waarde zouden zijn, doch het bleek, dat bij een en het zelfde individu die vitale capaciteit aan schommelingen onderhevig is.

Behalve Hutchinson hebben nog meerdere onderzoekers metingen gedaan en vooral ook Fr. Arnold, [1]) die de ademgrootte van den mensch uitvoerig bestudeerd heeft.

De voornaamste gevolgtrekkingen, die Arnold uit zijn spirometrie trekt zijn:

---

1) Fr. Arnold. Ueber die Athmungsgrösse des Menschen. Heidelberg 1855.

Dat de maximale ademgrootte bij mannellijke individuen met elke 2,5 cM. meerdere lengte met 150 cM. toeneemt en eveneens met 150 cM^3 bij elke 2,5 cM^3 meerdere omvang van borstkas.

Dat verder de ademgrootte afhankelijk is van de bewegelijkheid der borstkas, van den leeftijd, beroep, geslacht en voor al deze geeft hij cijfers aan voor de hoeveelheden, waarmede de vitale capaciteit verandert.

Bij de bepaling echter dezer grootste hoeveelheid lucht, welke de longen kunnen bevatten, vordert men van de borstkas eene maximale uitzetting, terwijl bij het gewone respireeren de excursies heel gering zijn.

„Dabei wird also eine geringere Menge Luft ein- „und ausgeathmet welche etwa 5 bis höchstens 600 „cM^3 beträgt". (Rosenthal).

Vierordt [1]) komt tot het cijfer van 500 cM^3 voor gemiddelde in- en exspiratie.

„Auch durch Anwendung von Luftmessungsappa- „raten nach dem Muster des Gasuhren ist die normale „Tiefe der Athmung bezw. die Athmungsgrösse und „die Vitale capacität gemessen worden. Es ist zu diesem „Zwecke nöthig, durch Ventile den In- und Exspirations „strom zu trennen. Nur wenn diese Ventile einen sehr „geringen Widerstand bieten, darf man ihren Einflusz „als gering ansehen und die so gewonnenen Zahlen als „normale betrachten."

---

1) Vierordt. „Physiologie" des Athmens, Karlsruhe 1845.

Ewald [1]) bepaalde den druk, maar kon ook een ademcurve verkrijgen, door in plaats van den manometer een gevoeligen Marey'schen tambour aan een wijdmondsche flesch te verbinden, waardoor gerespireerd wordt. Hij zegt, dat de exspiratie sterker is dan de inspiratie, langer duurt en dat er geen adempauze is.

Geigel [2]) berekende de snelheid van de lucht bij hoeststooten en vond die 100 Meter per seconde : de sterkste orkanen hebben slechts de helft daarvan. Verder zegt hij ook nog:

„Da beim Vortragenden bei ruhiger Athmung für „jede Exspiration 4 Secunden gebraucht werden und „500 cM^3 als mittlere Respirationsluft angenommen „werden dürfen, so folgt daraus eine mittlere Geschwin„digkeit von 1.25 Metern in der Sekunde."

Om eindelijk tot Mendel [3]) terug te keeren, door deze wordt de hoeveelheid lucht, die bij kalme ademhaling geïnspireerd en geëxspireerd wordt op 510 cM^3 geschat, een cijfer, dat hij van Gréhant overneemt. Ook zelf vond hij 509 cM^3.

Verderop zegt hij:

„Nous verrons plus loin que le volume d'air inspiré „par l'orifice bi-narinaire est plus faible dans le même „temps et par le même effort, que la somme des vo-

---

1) Ewald. Archiv f. die ges. Physiol. 1897 Bd. XIX s. 461.
2) Geigel. Sitzungsber., zu Würzburg. Jahrg. 1899.
3) Mendel. „Physiologie et Pathalogie de la Respiration nasale."

„lumes inspirés par chacun des orifices narinaires in-
„spirant séparément. Si l'on représente par n une
„narine et par $2\ n$ l'orifice bi-narinaire, on aura l'équa-
„tion suivante :

$$(n + n)\ d = 2\,n$$

„d, que nous appellerons le coefficient de déperdition
„narinaire, est le nombre (plus petit que l'unité) par
„lequel il faut multiplier la somme des orifices mono-
„narinaires pour obtenir la valeur de l'orifice bi-
„narinaire."

EIGEN ONDERZOEK.

HOOFDSTUK II.

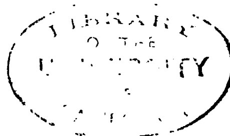
A.

Relatieve doorgankelijkheid van linker en rechter neushelft.

Ter bestudeering van de relatieve doorgankelijkheid heb ik gebruik gemaakt van de luchtbrug.

Onder de vele vormen op het Laboratorium in gebruik, is mij één gebleken het best te zijn voor mijn doel, waarvan ik hier eene afbeelding laat volgen. [1])

1) Overgenomen uit „die Luftbrücke" van Zwaardemaker. Archiv. f. Anat. en Physiologie 1902 S. 399.



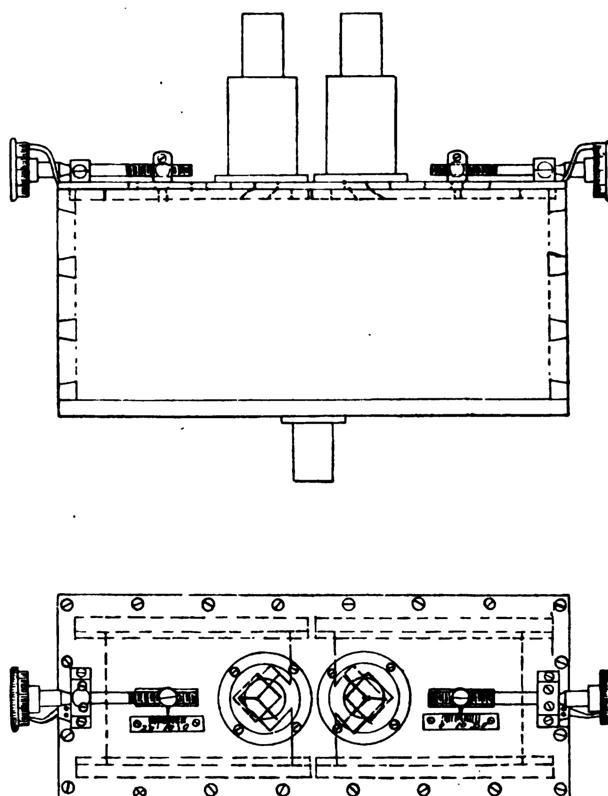


Fig. 1.

Stel U voor een koperen plaat van 27 bij 10.5 cM., die in het midden twee ruitvormige openingen heeft. Onder tegen deze plaat liggen twee andere, kleïnere platen elk met een even groote ruitvormige opening als die in de dekplaat. Deze twee platen kunnen elk afzonderlijk van den zijkant af door middel van een

schroef zoo verschoven worden, dat de opening van de onderste plaat samenvalt met die van de dekplaat.

Alsdan is de doorgang het grootst, in casu 20 mM. (diagonaal gemeten.) Verschuift men nu de onderste plaat naar het midden toe, dan wordt de doorgangsopening, die ruitvormig blijft, steeds kleiner.

De twee onderste platen moeten buitengewoon zuiver tegen de dekplaat aanliggen, hetgeen zonder groote onkosten haast niet te doen is, tenzij men hen over een grootere oppervlakte tegen elkaar aan laat liggen. Hierdoor zou de toestel echter te onhandelbaar worden.

De grove aflezing geschiedt op een schaaltje bovenop de dekplaat, waarlangs een wijzertje de millimeters aangeeft, terwijl men op de toedraaiende schroef de onderdeelen van millemeters afleest.

Boven op de dekplaat staan, voor een middelmatige opening gecentreerd twee cylindrische luchtkamers 4.7 cM. hoog en 3.6 cM. breed.

Boven elk van deze laatste staat een buis van 18 mM. wijdte, die op een bepaalde hoogte een zijdelingsch afvoerbuisje heeft, en verderop naar boven nog een, doch dit gaat juist den tegenovergestelden kant uit.

Die eerste zijtakken worden nu bijv. verbonden met een watermanometer, terwijl het laatste, hooger gelegen paar door caoutchoucbuis in verbinding kan gesteld worden met de luchtaanvoerende bron.

Stellen wij ons nu voor, dat lucht aanstroomt door de bewuste zijdelingsche vertakkingen, dan gaat die

door de 18 mM. wijde buis, luchtkamers en schuifopeningen, die wij veronderstellen even groot te zijn, weer naar buiten. Is dit het geval, zoo zal aan de lager gelegen vertakkingen, de brug strictiori sensu, volkomen gelijken druk heerschen en dus de vloeistofspiegel in den manometer in rust blijven.

Zijn de schuifopeningen niet gelijk, dan zal in de brug in het algemeen geen evenwicht zijn en zal de vloeistof daar, waar de druk het grootst is, naar beneden gaan. Het evenwicht zal echter wel bestaan zoo er tusschen aan- en afvoeropeningen evenredigheid heerscht.

Het bewijs voor deze redeneering vinden wij bij Zwaardemaker [1]).

„Men stelle zich twee niveau's A en B voor, waartus„schen een gas opstijgt. Dit kan langs allerlei wegen „geschieden. Vooreerst langs den kortsten van alle P Q. „(fig. 2), of wel langs een iets langeren weg P R., of „eindelijk langs een zeer langen weg P S. Men denke „zich nu een derde lijn C, die van de zoo evenge„noemde buizen evenredige stukken afsnijdt:

$$a : b = c : d$$

„Stel nu, men vereenigt de punten T en U door een „verbindingsbuis, dan zal in deze „brug" volmaakte „rust heerschen. Noch van T naar U, noch van U naar „T zal lucht stroomen, aangezien beide liggen in het-

1) Zwaardemaker. Aërodynamica der luchtwegen, Nederl. Tijdschr. v. Gen. Dl. II, n°. 2, blz. 6.

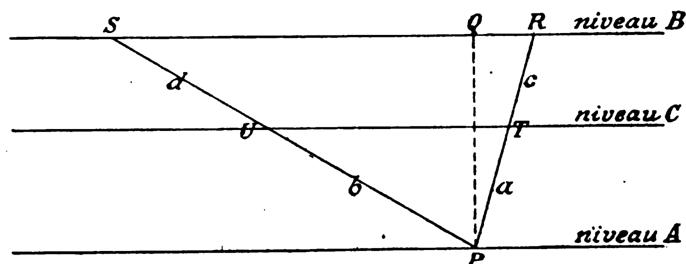


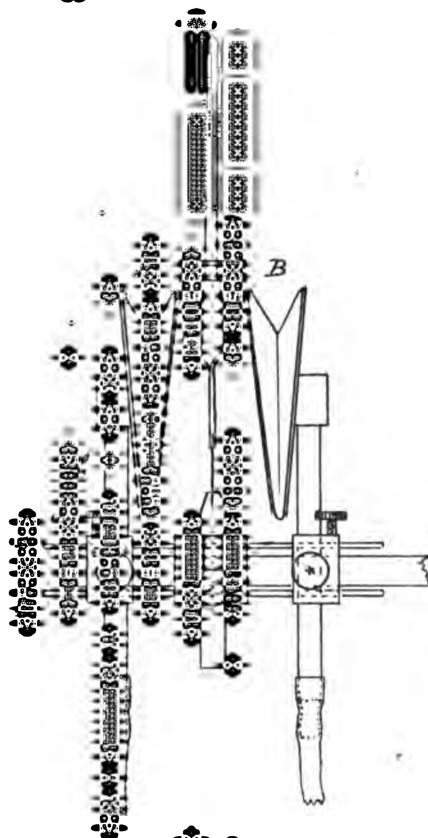
Fig. 2

„zelfde niveau C. Zoodra wordt intusschen de even-„redigheid verbroken, of onmiddellijk zal ook het even-„wicht in U T zijn verstoord en had men er een „anemometer in geplaatst, men zou die onmiddellijk „in beweging kunnen zien komen. Hetzelfde is het „geval, wanneer niet de ijlheid van het gas, maar een „drukverschil de beweegkracht is.

„Een lange weg nu oefent op een luchtverplaatsing „merkbare vertraging uit; doch juist dezelfde uitwerking „kan een engte van de baan hebben. Men zal alzoo wat „het quantum lucht betreft, dat gedurende 1 sec. pas-„seert, elke vernauwing tot een verlenging kunnen „herleiden. Zoo zal elk stelsel van stroombanen, welk „ook, door een eenvoudige figuur gelijk de onze kunnen „worden voorgesteld. Dezelfde redeneeringen als zooeven „zullen dan van pas zijn en men kan dus het boven-„staande als een meetkundig bewijs voor het brug-„beginsel bij gasstroomingen beschouwen.

Als verklikker der drukverschillen in de brug heb ik geen gebruik gemaakt van den toestel van Zwaarde-

genoemde verhandeling
eel anderen, welken wij
erentiaal Pistonrecorder.
dan vooreerst uit twee



g. 3.

volgens het principe van

Brodie's [1]) pistonrecorder, alleen met dit onderscheid, dat het balgje van onzen recorder bestaat uit Amnionvlies van het kalf, [2]) in plaats van de papieren membraan van Brodie. De blaasbalgjes moeten niet te klein zijn, want is de hoeveelheid lucht, die er ingeblazen wordt in verhouding te groot, dan geeft het een uitslag, die niet evenredig is aan de luchtverplaatsing. Onze balgjes zijn 6 cM. lang en 3 cM. breed.

De toevoerbuizen voor de lucht *b* zijn gestoken door een doorboord koperen blokje, dat twee schroeven heeft *c* en *d*; *c* dient om den geheelen blaasbalg op en neer te kunnen schuiven en *d* om hem langs de dunne staafjes *e* en *f* in zijwaartsche richting te verplaatsen.

De naar elkaar toegekeerde vlakten van de blaasbalgjes dragen een ebonieten rolletje *g*, hetwelk om een asje gemakkelijk bewegelijk is.

Tusschen deze rolletjes en daar juist tegen aansluitende ligt het ebonieten gedeelte van den wijzer, die naar boven toe zijn aluminium schrijfstift heeft en naar onder toeloopt in een veer *h*, die vastzit op een koperen staafje, dat ook weer door middel van schroef *k* door een koperen blokje op en neer geschoven kan worden, aangezien de veerkracht reguleerbaar moet zijn.

---

1) Brodie. Journal of Physiologie vol. XXVII 1901—1902, pag. 473.

2) Dit werd gedaan op aanraden van den Heer D. B. Kagenaar, die onzen differentiaal pistonrecorder vervaardigde. Het is verstandig het vlies van tijd tot tijd vochtig te houden met wat glycerine en water, half om half.

Een voornaam onderdeel van den toestel is het zeer dunne elastieke ringetje *l*, dat de beide balgjes onderling verbindt. Het houdt, zoo het de vereischte grootte en dikte heeft, de beide ebonieten rolletjes tegen de naald aangedrukt en maakt nu, dat beide blaasbalgjes elkanders beweging volkomen meemaken.

Wat zou er gebeuren indien het elastiekje er niet was ?

Denken wij ons het er bijv. afgenomen nadat de balgjes gevuld zijn.

Stel het balgje A wordt sterker met lucht gevuld dan B. Bij het ontwijken van de lucht zal nu A met zijn ebonieten rol de naald verlaten op het oogenblik als deze zoover in de richting van A gegaan is, als B is uitgezet. Bij eene volgende even groote opblazing zou de naald een veel kleinere excursie maken, want het eerste deel der vulling van A wordt niet opgeschreven aangezien A nog niet tegen de naald aandrukt. Eerst als dit het geval is, komt zij in beweging. Wij zouden op die wijze eene onvolledige registratie der vulling van A verkrijgen.

Zoo A en B daarentegen met elkander zoo verbonden zijn en dus ook met de naald, dat alle bewegingen van elkander gevolgd worden, zoo krijgen wij een zeer nauwkeurige overbrenging van alle bewegingen der balgjes ter plaatse waar wij dat wenschen.

Deze differentiaal pistonrecorder verbond ik nu aan de brug, de naald schrijft op een horizontaal kymographion.

Om de mogelijk nog te groote toevoer van lucht naar de balgjes te voorkomen, bracht ik in elk der caoutchouc buisjes, die naar den recorder loopen, onderling gelijke capillaire buisjes aan. Dit bleek van groot voordeel; het voorkwam de al te groote uitzetting en deed geen afbreuk aan de gevoeligheid.

Was de recorder met de brug verbonden, dan moest dit geheel geijkt worden. Daartoe verbond ik een T stuk met caoutchouc buis aan de bovenste vertakkingen van de brug. In dit T stuk bevonden zich twee stukjes barometerbuis ter lengte van 8 cM. en een lumen van 2.5 mM. middellijn om een zekeren weerstand te geven, daar zonder weerstand het brugprincipe, evenmin als bij de electrische brug, toepasselijk is.

Wanneer de pistonrecorder nu volmaakt was en de schuifopeningen in de brug volkomen gelijk, dan zou bij blazen door het T stuk de schrijvende naald haren nullijn niet mogen verlaten.

In den beginne was dit ook het geval, doch later was het door haast onvermijdelijke microscopische kleine gaatjes in het amnionvlies niet te bereiken. Men kan hier echter op zeer eenvoudige wijze aan tegemoet komen, door namelijk in elk der wegen, die naar den differentiaal pistonrecorder gaan een T stukje aan te brengen, welks zijtak een kraantje met capillaire opening heeft.

Men begrijpt gemakkelijk, dat door den stand dier kraantjes te veranderen, een volkomen gelijkwaardigheid der beide pistonrecorders te verkrijgen is.

De schuifopeningen nam ik voor de ijking heel klein, aan weerszijden 3 mM. diagonaal, omdat dan de gevoeligste waarde verkregen kan worden, in verband met de barometerbuisjes, die de proximale weerstanden verschaften.

Was nu alles in evenwicht, dan nam ik de laatstgenoemde weerstanden weg en verving hen door twee caoutchouc slangen, die aan het vrije einde voorzien konden worden van een metalen of ebonieten doorboorden dop, die in de neusopening paste. Het areaal van dien neusdop was 50 mM^2.

Het is niet onverschillig hoe die doppen in den neus geplaatst worden.

Een eerste vereischte is, dat zij de uitwendige neusopening goed aan alle zijden afsluiten, hetgeen in de meeste gevallen te bereiken is.

Voorts moeten zij niet te ver in den neus geduwd worden, om het inwendige niet te veranderen door te grooten mechanischen druk. De richting waarin zij moeten aangebracht worden is, zoo mogelijk, loodrecht op het vlak der apertura externa.

Men moet dit den proefpersonen wel eenigszins uitleggen en vooral zichzelf overtuigen, dat zooveel mogelijk aan deze voorwaarden voldaan wordt.

Waren beide neushelften volkomen gelijk wat doorgankelijkheid betreft, zoo zou de naald evenals bij het blazen door het straksgenoemde T stuk volkomen in rust blijven. Hiervan is men natuurlijk nimmer zeker,

daarom nam ik aanvankelijk de schijven van een kleine schijfluchtbrug, die ik regelen kon zooals ik wilde. Hierbij bleek ook een volkomen overeenkomst te bestaan tusschen de doorgankelijkheid der beide. kunstneushelften — als ik het zoo noemen mag — en de brug. Als uitgangspunt voor de brug nam ik links en rechts de schuifopening 4 mM., de openingen der schijven van de schijfluchtbrug daarentegen aan weerszijden 3 mM. De pistonrecorder bleef hierbij in rust. Bracht ik nu de rechter schijfopening op 5 mM. dan maakte hij direct een afwijking naar links en moest ik dus de brug rechts ruimer maken om hem weer in evenwicht te krijgen; hetgeen bereikt werd bij een brugstand rechts van 6.8 mM. Nu moet dus de volgende betrekking bestaan

$$3^2 : 5^2 = 4^2 : 6.8^2.$$

Zooals men ziet, is dit vrij wel juist. Dezelfde goede verhouding verkreeg ik bij verschillende andere standen van de proximale schijfluchtbrug.

Bij de ijking van den differentiaal pistonrecorder heb ik de schuifopeningen 3 mM. wijd genomen.

Voor het onderzoek van den neus zijn deze veel te klein, omdat zij de ademhaling in hooge mate belemmeren en abnormaal maken.

Een beginstand van 7 mM diagonaal bleek voor alle personen een geschikt uitgangspunt. Dit is ruimschoots

voldoende, want A. M. Bloch [1]) bepaalde met zijn pneumoscope, welk het kleinste diaphragma is, dat men aan het einde van een buis, die men in den mond heeft, kan aanbrengen, zonder de respiratie te belemmeren. Hij vond voor zichzelf dat die opening

	's morgens vóór het opstaan	5.70 mM^2	kon bedragen
en 's avonds		10.50	„
„	na loopen	12.0	„
zelfde avond	na 1 uur rust	10.0	„
„ „	na gymnastiek	18.	„

In gecomprimeerde lucht zou de opening kleiner kunnen zijn.

Het onderzoek geschiedde nu als volgt:

Allereerst werden de ademvlekken bestudeerd.

Dit gaf mij al van te voren een oppervlakkig inzicht in den graad van ongelijkheid der beide neushelften, want meer dan ongelijkheid geven zij niet aan, al vermoedt Zwaardemaker, dat bij eene stenose vooraan in den neus de aanvankelijk kleinere ademvlek langer zal blijven bestaan, dan de aanvankelijk grootere, die door eene obstructie achterin wordt veroorzaakt.

Was dit afgeloopen, dan nam de persoon de doppen in zijn neus en moest hij zoo rustig mogelijk respireeren, terwijl hij den mond gesloten hield.

Bleek het nu, dat er ongelijkheid was, zoo werd de

---

1) A. M. Bloch. Archives de Physiologie 1897 p. 112.

rechter schuifopening van de brug liefst op 7 gehouden, terwijl aan de andere zijde de schroef zoodanig gesteld werd, dat er evenwicht ontstond.

De doorgankelijkheid van de eene neushelft tot die der andere zijde stonden dan tot elkaar als de quadraten der diagonalen van de opening.

Al weder is er een bron van fouten namelijk de respiratie van de persoon. Iedere onderzoeker, die de ademhaling van den mensch bestudeerde, heeft de ervaring opgedaan, dat patienten van het oogenblik af dat zij op hun ademhaling gaan letten deze zeer belangrijk wijzigen.

Ik heb getracht deze fout te vermijden door hen te laten respireeren op de maat van een metronoom die 32 tikken per minuut gaf.

Ik bracht daardoor al mijn te onderzoeken personen in hetzelfde geval. Dat hielp wel, maar toch is mij later voorgekomen, dat het beter was de ademhaling geheel aan den proefpersoon over te laten en hem te zeggen zoo rustig mogelijk te ademen.

Hoe minder nerveus en suggestible deze is, hoe beter dit natuurlijk gaat.

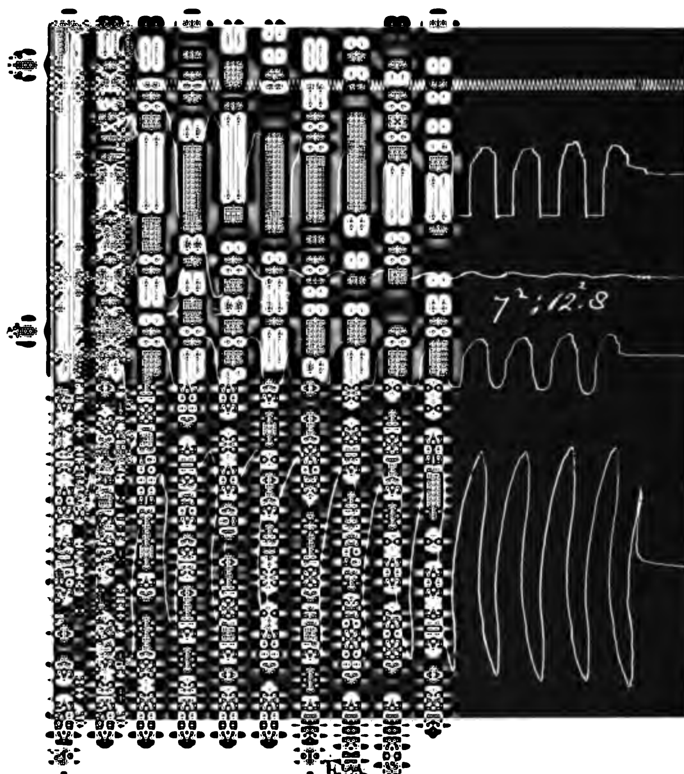
Noodzakelijk bleek het ook hen te zeggen niet naar den differentiaal pistonrecorder te kijken, daar dit van grooten invloed op de curve bleek te zijn. Door een schermpje te plaatsen, of wel den persoon te verzoeken zijn oogen gesloten te houden was deze fout verholpen.

Tegelijkertijd werd door een lenskapsel de buikademhaling geregistreerd.

Wij hebben op die wijze de ongelijkheid geregistreerd, doch waardoor die ontstaan is, weten wij niet.

Nog in meerdere mate was dit het geval, waar ik verschillen trachtte te bestudeeren, die optraden bij het doen der proef in staande en daarna in liggende houding. Vond ik bijv. in het eerste geval de verhouding van links tot rechts als $7^2 : 9^2$ en was die in liggende houding als $7^2 : 8^2$ dan leerde mij dit niets anders, dan dat de ongelijkheid minder was geworden. Dit kon het gevolg zijn van het nauwer worden van den rechter neus of het wijder worden van den linker, maar welke van die twee mogelijkheden vervuld was, wist ik niet.

Ook hiervoor werd eene oplossing gevonden door in de buis, die naar den neus leidt, een zijtak aan te brengen van waar een caoutchouc slangetje naar een gevoeligen Marey'schen tambour liep. Uit de grootere of kleinere uitslagen dier tambours kon ik nu besluiten trekken. Ik laat hier een curve volgen:



E[illegible]

[illegible]g rechter Marey'sche tambour. [illegible]ur. E. Ademhaling.

[illegible] op druk geijkt [illegible] nu van verscheidene [illegible]lleen die uitgekozen, [illegible] was gebleven. Voor [illegible]redeneering toe :

Wanneer het brugsysteem in evenwicht is, is het onverschillig of de brugverbinding strictiori sensu geopend of gesloten is. (Auerbach, zie bij Zwaardemaker l. c. Archiv, f. Physiologie 1902 s. 400). Wij denken haar gesloten, dan is het brugsysteem gesplitst in 2 zijdelingsche helften, elk bestaande uit een neushelft, een luchtkamer en een schuifopening. Kiezen wij de helft, waarvoor de brugstand onveranderlijk 7 mM. diagonaal bleef, dan is hierop het volgende van toepassing:

Onderstelling. Verondersteld dat de brugwijdte niet wordt gewijzigd.

Vraagstuk. Hoe verhoudt zich de neuswijdte in verband met den druk in de luchtkamer.

Oplossing. Zoo druk in de luchtkamer toeneemt, dan neemt ook de neuswijdte toe en omgekeerd.

Wanneer wij dus op deze wijze te werk gaan, leeren wij zonder meer de wijziging kennen, die heeft plaats gevonden in de neushelft aan de kant waar wij de schuif op de diagonaalwijdte van 7 mM. hebben gehouden.

Wij kennen zelfs voor die zijde de mate, waarin de verwijding of vernauwing van den neus heeft plaats

gevonden. Willen wij ditzelfde nu ook voor de andere kant vaststellen, zoo hebben wij slechts de evenredigheid te raadplegen, die het geheele brugsysteem in zijn vroegeren en in zijn tegenwoordigen evenwichtstoestand beheerscht.

De mate, waarin de verwijding resp. vernauwing der neushelft overeenkomende met de onveranderd gebleven schuifwijdte plaats vond, moet daartoe eenvoudig met de bedoelde evenredigheden in verband worden gebracht.

Om niet te uitvoerig te worden en niet al te zeer te bouwen op aanwijzingen onzer Marey'sche tambours, hebben wij in onderstaande tabel alleen opgave verstrekt voor den kant met constant gehouden schuifwijdte.

In de tabel is alles herleid tot links = 1.

Tabel 1.

Volgnummer.	Staande houding.	Liggende houding.			Neus in liggende houding bij exspiratie.			Adem-vlekken.
	L : R.	rug L : R.	l.zijde L : R.	r.zijde L : R.	rug L. R.	l.zijde L. R.	r.zijde L. R.	L. R.
1	1 : 0.60	1 : 0.60	1 : 0.82	1 : 0.64	=	=	>	<
2	1 : 0.74	1 : 0.87	1 : 0.31	1 : 0.45	<	<	>	>
3	1 : 0.63	1 : 0.58	1 : 1.09	1 : 0 76	>	>	=	<
4	1 : 1	1 : 1	1 : 1	1 : 1	=	=	=	=
5	1 : 0.54	1 : 0.40	1 : 0.38	1 : 0.43	=	<	=	>
6	1 : 0.43	1 : 0.52	1 : 0.43	1 : 0.61	>	>	>	>
7	1 : 0.7	1 : 0.7	1 : 0.7	1 : 0.7	>	>	>	=
8	1 : 0.16	1 : 0.12	1 : 0.15	1 : 0.13	=	=	=	>
9	1 : 0.28	1 : 0.16	1 : 2.2	1 : 0.17				>
10	1 : 0.6	1 : 1.2	1 : 0.9	1 : 2.1	>	>	>	>
11	1 : 3.7	1 : 2.9	1 : 2.9	1 : 4.3				<
12	1 : 0 87	1 : 1	1 : 1.28	1 : 0.69	=	?	>	<
13	1 : 0.72	1 : 0.71	1 : 0.61	1 : 0.78	=	<	>	<
14	1 : 1.09	1 : 0.6	1 : 0.8	1 : 0.3	<	>	>	>
15	1 : 0.13	1 : 0 16	1 : 0.11	1 : 0.12	=	<	=	>
16	1 : 0.52	1 : 0.62	1 : 0.81	1 : 0.39	>	>	=	>
17	1 : 2.0	1 : 1.5	1 : 1.9	1 : 2.1				=
18	1 : 1.09	1 : 1.09	1 : 1.1	1 : 0.7	>	>	=	=
19	1 : 0,64	1 : 0.67	1 : 0.76	1 : 0.4	=	=	<	=
20	1 : 0.80	1 : 0 9	1 : 0.6	1 : 0.8	=	<	=	<

Nog op een andere wijze kan men tot een besluit komen. [1])

1) Deze tweede methode is analoog aan die welke J. R. Ewald toepaste voor de meeting van den periferischen weerstand in een arterie. Archiv f. Physiol. 1899 p. 245.

Noemen wij v_1 de snelheid van de luchtstrooming in den neus, v_2 in de brugopening, o_1 wijdte van den neus, o_2 wijdte der brugopening, dan bestaat de betrekking $v_1 \ o_1 = v_2 \ o_2$, want anders zou er opstuwing komen, hetgeen blijkens het bestaan van evenwicht niet het geval is.

Is nu s de dichtheid van de lucht bij 760 mM. Hg., dan is die bij elken anderen druk p.

$$s_1 = s\frac{p + 760}{760}$$

de druk in den rhino pharyx p_1 en de druk in de brug kamer p_1 noemend wordt

$$v_1 = \sqrt{2g\ (p_1 - p_2)\frac{1}{s\frac{p_1 + 760}{760}}} \text{ en}$$

$$v_2 = \sqrt{2g\ p_2 \frac{1}{s\frac{p_2 + 760}{760}}}$$

Dit gesubstitueerd in de bovenvermelde vergelijking geeft:

$$o_1\sqrt{2g\ (p_1 - p_2)\frac{1}{s\frac{p_1+760}{760}}} = o_2\sqrt{2g\ p_2\frac{1}{s\frac{p_2+760}{760}}}$$

$$o_1^2\ 2g\ (p_1 - p_2)\frac{1}{s\frac{p_1+760}{760}} = o_2^2\ 2g\ p_2\frac{1}{s\frac{p_2+760}{760}}$$

$$o_1^2 = o_2^2\ \frac{p_1 + 760}{p_2 + 760} \times \frac{p_2}{p_1 - p_2}$$

de breuk $\frac{p_1 + 760}{p_2 + 760}$ is altijd heel klein en kunnen wij dus verwaarloozen. De formule wordt dan

$$o_1^2 = o_2^2 \frac{p_2}{p_1 - p_2}$$

$$\text{of } o_1 = o_2 \sqrt{\frac{p_2}{p_2 - p_1}}$$

Om de p_1 te bepalen ging ik als volgt te werk:

De differentiaal pistonrecorder werd door middel van een klem van de brug afgesloten. De linker kant van de brug werd nu met den linker neus verbonden, de rechter neus met een watermanometertje.

Ik liet nu de persoon door den neus uitblazen tot 2 cM. waterdruk bijvoorbeeld. Op het oogenblik, dat de manometer dien druk aangaf, drukte ik op een signaal, hetgeen op het kymographion aangeteekend werd. Zoo deed ik dat voor verschillende drukhoogten, bijv. 2, 4, 6, 8 cM. water, zoowel voor linker als rechter neus. Zet men nu op millimeterpapier op de x as de centimeters waterdruk af en op de y as de daarbij behoorende uitslagen van den zijdelingschen Marey'schen tambour, zoo verkrijgt men een kromme, waarop alle tusschen- gelegen waarden te vinden zijn. Van twee personen heb ik die p^1 bepaald voor exspiratie en wel in staande houding, op den rug liggende en op de linker- en rechter zijde:

Persoon J. Ademvlek L < R

In staande houding linker neus

brug links : rechts = $7^2 : 8.6^2$

$$o_1 = o_2 \sqrt{\frac{p_2}{p_1 - p_2}} = 49 \sqrt{\frac{0.4}{2 - 0.4}} = 49 \sqrt{0.25}$$

waaruit $o_1 = 24.5$ mM².

rechter neus

$$o_1 = 73.9 \sqrt{\frac{0.4}{2 - 0.4}} = 73.9 \sqrt{0.25}$$

$o_1 = 36.95$

liggende op den rug.

linker neus

links : rechts $= 7^2 : 10.8^2$

$$o_1 = 49 \sqrt{\frac{0.3}{2.7 - 0.3}} = 49 \sqrt{0.12}$$

$o_1 = 16.9$

rechter neus

$$o_1 = 116.6 \sqrt{\frac{0.3}{3 - 0.3}} = 116.6 \sqrt{0.11}$$

$o_1 = 38.4.$

Bij liggen op de linker- en rechter zijde wordt de uitslag niet meer merkbaar.

op de rechter zijde is de ongelijkheid $L : R = 7^2 : 11.9^2$

op de linker zijde $L : R = 7^2 : 14.4^2$

Wij zien hier dus uit, dat de linker neus, overeenkomstig de ademvlekken, ondoorgankelijker was dan de rechter, en dat de linker neus bij liggen op den rug nauwer wordt, de rechter iets wijder.

Persoon H. Ademvlek $L < R$.

De berekening is dezelfde en ik geef hier dus de eindresultaten.

Staande houding: linker neus o_1 = 24.5
rechter neus o_1 = 34.8
liggende op den rug: linker neus o_1 = 25.5
rechter neus o_1 = 42.8
idem op de linkerzijde als op rug
idem op de rechterzijde als op rug.

Deze laatste methode heeft mij in staat gesteld om de wijdte van het inwendige van den neus in absolute maat te kennen, en ik heb daarmede het vermoeden van Kayser bevestigd gevonden, dat namelijk maar een klein gedeelte van het lumen van den neus als stroombaan dient. Het grootste deel van het inwendige van den neus is kennelijk in rust en de wezenlijke stroombaan moet betrekkelijk eng zijn, anders zou de stroomingsweerstand, zooals ik dien berekend heb, nooit overeen kunnen stemmen met een stroomingsweerstand van een betrekkelijk zoo klein areaal als 17 à 43 mM^2 is [1]). Zulk een nauwe stroombaan is alleen in de eenigszins hoogere gedeelten van de neusholte te vinden. Mijn resultaat stemt dus overeen met de algemeene uitkomst van vele onderzoekingen, die de ademstroom zich boogvormig door den neus denken en daarbij passeerende door de betrekkelijk nauwe engte, die tusschen concha media en septum overblijft.

1) Kayser vond 40 mM^2.

B.

Relatieve doorgankelijkheid van neus en mond.

Ter bestudeering der verhoudingen van neus- en mondademhaling ten opzichte van elkander maakte ik allereerst gebruik van de metalen plaat tot onderzoek der ademvlekken.

Wanneer ik eerst de grootte der ademvlekken genoteerd had, terwijl de mond gesloten was en daarna bij eenigszins geopenden mond, dan zag ik, dat zij in het laatste geval kleiner waren, een zeer natuurlijk verschijnsel, daar dan een gedeelte der lucht door den mond geëxspireerd wordt.

Ik hield den mond bij deze waarneming slechts een weinig open, in de mate als men doet wanneer de neusweg niet voldoende voor den luchtaanvoer is. Zette ik den mond wijd open, dan kon ik gedaan krijgen, dat er in het geheel geen lucht door den neus ontsnapte. Het velum palatinum speelt hierbij een groote rol en het is juist die zeer veranderlijke stand van het velum, die het onderzoek bemoeilijkt.

Bij mijzelf leerde ik spoedig deze bewegingen van het velum beheerschen.

Ik zette den mond wijd open: sprak ik nu de letters

a en de korte e — als de eerste e in het woord „hebben" — uit, dan zag ik het velum schuin naar boven en achter opgetrokken worden. Daardoor wordt het cavum pharyngo-nasale afgesloten en de uvula wordt tevens sterk opgetrokken en verkort.

Men behoeft echter den mond niet zoo ver open te zetten om te maken dat er geen lucht door den neus gaat. Wanneer de mond gewoon geopend wordt en men maakt met de keel de ch van de klank cha, zonder echter de a uit te spreken, zoo ziet men ook geen aanslag op de onder den neus gehouden spiegelende metalen plaat [1]). Spreekt men de a ook uit en zegt men dus cha zoo is er ook geen aanslag, doch zoodra houdt men niet op of na de a komen de ademvlekken weer te voorschijn. Men zegt toch de klank cha tijdens eene exspiratie en het cavum pharyngo-nasale wordt daarbij afgesloten, doch is de a uitgesproken, zoo zakt het velum weer en de rest van de exspiratielucht gaat nu weer gedeeltelijk door den neus weg.

Door deze waarnemingen eenigszins georienteerd, beproefde ik mijn neus-mondtoestel, hetgeen ik hier even wil toelichten.

Voor den mond komt een helmvormige, afsluitende

---

1) In het allerleerste begin als het velum opgetrokken wordt ziet men even een kleinen aanslag Dat komt, zou ik meenen, omdat de lucht, die nog in den neus aanwezig is, door het vrij plotseling afgesloten worden van het cavum pharyngo-nasale een stoot krijgt en zoo naar buiten komt.

kap te staan. Van het convexe gedeelte gaat een 18 mM. wijde buis af. Langs deze buis kan door middel van een niet gesloten metalen ringband een daaraan vastgesoldeerd rond metalen doosje verschoven worden, hetwelk een middellijn heeft van 18 mM. en dat 1 cM. hoog is. Op het deksel, gericht naar de mondkap staan twee buisjes waaraan de slangen met neusdop kunnen gezet worden, terwijl het andere einde evenals de buis van den mondweg door een geschikt aanzetstuk en slang verbonden kan worden met de eene zijde der brug. De mondweg leidt dan naar de andere brugzijde.

De bediende op het laboratorium, die mij reeds meermalen als proefpersoon had gediend, en ik zelf, waren de eerste, die hiermede onderzocht werden.

Al spoedig bemerkte ik bij hem en ook bij mij eene eigenaardigheid op, die zich later ook nog bij een derde persoon voordeed.

Bleek er in staande houding onderzocht eene ongelijkheid te bestaan tusschen links en rechts bijv. als $7^2 : 9^2$ dan was er bij liggen op een draagbaar (zooals bij het leger gebruikt worden) moeilijk evenwicht te verkrijgen. De uitslagen van den Marey'schen tambour, zijdelings aan den neustak der brug aangebracht, was kleiner dan die van den mondtak (afgezien van de ongelijkheid in uitslag die de tambours reeds hadden door ongelijke gevoeligheid).

Plotseling echter komt er verandering; de uitslag

van den tambour aan den neustak wordt grooter, terwijl die der andere zijde zoo blijft en tenslotte wordt de beste evenwichtsvoorwaarde verkregen bij $7^2 : 7^2$.

De eenige verklaring, die ik mij hiervan kan geven, is, dat het velum, eenmaal een bepaalden stand ingenomen hebbende — vermoedelijk niet de volkomen natuurlijke —, op eens zonder dat de persoon dit zelf merkt, die natuurlijke houding aanneemt. Het blijkt dan, dat er ongeveer evenveel lucht door den neus als door den mond gaat.

Ook het snorken heb ik getracht natebootsen en kreeg hierbij het volgende te zien.

Had ik eerst evenwicht bij $L : R = 7^2 : 7.7^2$, dan kwam er plotseling met het snorken een groote mate van ongelijkheid. De uitslagen van den Marey'schen tambour aan de mondzijde werden kleiner, de andere veel grooter; een evenwichtstoestand is niet te krijgen hetgeen zich zeer goed laat begrijpen. Het velum toch zal hier als een ventiel werken en telkens van stand veranderen.

Dat er bij het snorken, tenminste bij mijn wakende snorken, meer lucht door den neus passeerde dan door den mond, blijkt uit de daaromtrent geraadpleegde curve vrij zeker. Ook de ademvlekken zijn hiermede in overeenstemming Verder kon ik nog constateeren, dat bij spreken geen lucht door den neus gaat dan alleen als er een n, m of ng in voorkomt.

Veel meer eigenaardigheden heb ik niet gevonden.

Ons velum palatinum is een te wispelturig en onhandelbaar proefobject, dat geheel onder den invloed der psyche staat.

Werkelijk slapende en liefst snorkende menschen zouden uitmuntende proefobjecten zijn. Misschien herhaal ik later nog wel eens deze proeven als ik meer dan nu in de gelegenheid kom dergelijke personen ongemerkt te onderzoeken.

C.

Relatieve doorgankelijkheid van linker en rechter neushelft bij warme en koude lucht en bij prikkels.

De algemeene opvatting is, dat men in warme lucht vertoevende een benauwd gevoel krijgt, iets beklemmends dat zich ook localiseert in den neus, kortom een gevoel alsof de neus verstopt is. Koude lucht zou daarentegen een tegenovergestelde sensatie verwekken.

Dat ook dit onderwerp mij interesseerde laat zich gemakkelijk begrijpen en verscheidene proeven zijn dan ook in die richting gedaan.

Op tweederlei wijze heb ik mij koude en warme lucht verschaft.

Vooreerst had ik twee glazen vaten met dubbelen wand, waarvan het eene door middel van warm water de lucht op een temperatuur van 40° C. bracht en hooger, terwijl in het andere vat de lucht door middel van ijs op lage temperatuur gehouden werd. Boven op het vat diende de luchtbrug als deksel.

Een andere betere methode bestond hierin, dat ik met toestel en al eerst in den kelder van het laboratorium ging, alwaar de temperatuur 10 à 12° C. was, om daarna in een vertrek te gaan, waar het door middel van een kachel flink warm gestookt was tot 30° C. toe.

Bij mijzelf vond ik de neus telkens bij warme lucht doorgankelijker. Verder bij

Persoon A. met vaten onderzocht, neus warme lucht ademend, wijder.
Ook in warme kamer iets wijder.

" B. In kelder nauwer.
In warm vertrek vernauwd.
Uit warm vat ademend, verwijd.

" C. Uit warm glazen vat ademend, verwijding.

" D. Met vaten onderzocht had den linker neus bij warme lucht nauwer dan bij koude lucht.

Ik heb ook bij een paar konijnen de proef gedaan, door de bovenste luchtwegen aan de eene zijde in het brugsysteem op te nemen tegenover een vergelijkingsbuis [1]) aan de andere zijde.

Bij het tweede konijn bleek zeer duidelijk, dat de neus door warme lucht verwijd werd.

Thans wil ik hier het resultaat vermelden van de onderzoekingen met eenige reukstoffen. Teneinde die stoffen niet zoo maar in het wilde toe te dienen, doch eenigermate te weten, hoeveel ik daarvan gaf, maakte ik gebruik van twee odorimetrische cylinders [2]).

Twee metalen platen, die in het midden een gat hebben, worden door middel van een eveneens doorboord kurken schijfje en door onderling verbindende stangen stevig aan weerszijden tegen een 5 cM. wijde glazen buis van 10 cM. lengte aangedrukt. De beide openingen worden in de buis verbonden door een cylindertje van koper- of nikkelgaas [3]). De toestel ligt horizontaal en op den bodem ligt de reukstof op behoorlijken afstand van het gazen cylindertje, (welke reukstof door een

---

1) Het dier was getracheotomiseerd en in de buis, die van de tracheaal canule naar de andere brugzijde voerde, was als vergelijkingsbuis een der stukjes barometerbuis gebezigd, die zich in het T stuk bevonden ter ijking van de luchtbrug en differentiaal pistonrecorder.

2) Onderzoekingen Physiol. Laboratorium Utrecht. vijfde Reeks IV II.

3) Bij het gewone gebruik is er filtreerpapier om heen gewikkeld, doch daar het mij om buitengewoon intense prikkels te doen was, heb ik er dit afgenomen.

gaatje in een der metalen platen in den toestel gebracht is).

Door den koperen cylinder, aan weerskanten van den odorimetrischen cylinder uitstekende, loopt juist passend een glazen buis, die aan het eene einde omgebogen is en een neusdop draagt. De andere kant steekt in een afvoerend verlengstuk van de metalen sluitplaat, zoodat dit naar de luchtbrug gevoerd kan worden.

Een tweede dergelijke cylinder, doch zonder reukstof, bevindt zich vlak naast den eersten en wordt met de tweede zijdelingsche helft van de luchtbrug verbonden.

Ik wendde alzoo de prikkels slechts eenzijdig aan en deed dat door de glazen buisjes, wier doppen ik in den neus had, wat uit te schuiven. Zoodoende kon ik 1, 2, 5 cM tot 10 cM toe van de reukstof toedienen. Nadat er eerst met volkomen ingeschoven glazen buisjes evenwicht was gemaakt, bestudeerde ik of er tijdens de inhalatie der reukstof ook verandering ontstond.

Resultaten.

Tabel 2.

NAAM DER REUKSTOF.	Invloed op evenwichtstoestand.	Bijzonderheden.
50 % chloroform in parafine.	geen invloed.	
Bromoform.	id.	
Skatol.	id.	
Anijspoeder.	id.	
Eucalyptol.	id.	Een sterk gevoel van koude en alsof de neus ruimer wordt.
Eugenol.	id.	
Peper.	id.	Peper [1]) is een taktiele prikkel. Slechts bij exspiratie neemt men het branderige, prikkelende gevoel waar, bij inspiratie niet. Men moet niezen en er is afscheiding in den neus. Warme lucht, in casu exspiratielucht, zou de percipiatie van peper verhoogen.
Valeriaanzuur.	id.	
Chloroform puur.	eenige verandering in verwijdenden zin.	Een gevoel van koude, en zoete smaak.
Aether.	id.	
Pyridin 1 : 200.	geen invloed	
Menthol.	id.	Gevoel van koude. Het zou de gevoeligheid der koupunten verhoogen en de koude geïnspireerde lucht zou die gewaarwording teweeg brengen. Dat bij gelijktijdige inspiratie van warme lucht het koude gevoel zou wegblijven, is mij niet gebleken juist te zijn.

1) De toediening van peper ging aldus. In het aanvoerende gaatje van

Toevalligerwijze ben ik in staat geweest bij een asthma-patient den invloed van asthmapapier te bestudeeren.

Bij het begin der proefneming was de linker ademvlek kleiner dan rechts, en evenwicht bij L : R $= 8^2 : 7^2$.

Alleen onder de linker brughelft brandde ik nu strammonium papier. Volgens de curve worden zoowel linker als rechter neus nauwer, ongelijkheid L : R $= 9.5^2 : 7^2$ later $10.7^2 : 7^2$ bij welke laatste evenwichtsvoorwaarde de beide zijdelingsche Marey'sche tambours zeer kleine uitslagen te zien geven. De ademvlekken zijn gedurende deze experimenten eerst gelijk geworden, om daarna het tegenovergestelde te laten zien van het begin namelijk L. $>$ R.

Bij appliceeren van asthmapapier in den rechter neus werden de uitslagen van den rechter Marey'schen tambour gelijk nul en het evenwicht bestond bij L : R $= 14.8^2 : 7^2$.

De rechter ademvlek was daarbij afwezig.

D.

Een nieuwe vorm van luchtbrug.

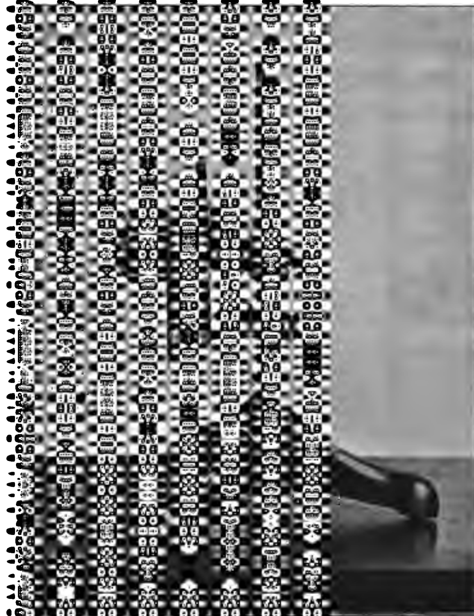
De tot nu toe beschreven brug is niet zoo zeer op zich zelf een onhandelbaar toestel voor practisch gebruik, als wel de verdere opstelling met kymographion, piston-

---

de odorimetrische cylinder werd een inrichting aangebracht om met een klein balonnetje lucht in den cylinder te blazen. De peper stoof door den wind gedreven in een wolkje op en kon zoodoende door de mazen in het gazen cylindertje en zoo ook in de glazen buis komen.

s. Toch is het wen-
toestel bezit om op
cht te krijgen in de
jkheid van den neus

methode alléén daar-
mij als de beste toe-
rt brug vervaardigen,
[1]).



na, Instrumentmaker van het

In het kort gezegd berust de geheele inrichting op het volgende.

Twee cylindrische luchtkamers die aan het eene einde voorzien zijn van een aanzetstuk tot verbinding met den neus en aan het andere einde afgesloten worden door een „irisblende" van Zeiss, waarvan de opening natuurlijk naar willekeur geregeld kan worden. Verder gaat van den zijwand van elk der kamers een buisje af, dat naar een watermanometer voert.

Een voordeel van dezen toestel is, dat de grootte der irisopeningen direct voor het oog zichtbaar zijn en dus een zeer schoone en onveranderlijke reproductie der doorgankelijkheid geven.

De manometer is ter verkrijging van grootere gevoeligheid schuin geplaatst. Tevens is het gewenscht er een te nemen met bolvormige verwijdingen bovenaan, die zoo noodig wat water kunnen bevatten. Wat toch is het geval. Niet een ieder ademt rustig bij de proefneming, er wordt wel eens een plotselinge sterke adembeweging gemaakt of gesnuffeld (altijd bij ongelijkheid der beide neushelften) en dan gaat de vloeistof aan de eene zijde zóó naar boven, dat zij in de brug zou komen, als het verwijdde gedeelte van den manometer haar niet tegenhield.

Aan het knopje, waarmede de „irisblende" nauwer en wijder gemaakt wordt, is een langen wijzer aangebracht.

De schaalverdeeling is aldus gemaakt.

Er zijn van koper eerst 6 modelschijfjes gemaakt van

resp. 3. 6, 9, 12, 15, 18 mM. middellijn. Deze worden zoo in de irisopening geplaatst, dat deze er volkomen om heen sluit, op de plaats waar de wijzer dan op de schaal staat, wordt een teeken gezet.

De tusschengelegen ruimten worden verdeeld volgens de door graphische interpellatie verkregen kromme der opeenvolgende koorden.

Door welwillendheid van Dr. Quix was ik in staat nog een gansche reeks personen te onderzoeken.

Tabel 3.

N⁰.	Ademvlek zittende.	Ongelijkheid zittende. L : R.	Ongelijkheid liggende. L : R.	Ademvlek liggende.
1	L < R	20 : 32	20 : 28	L < R
2	<	20 : 38	20 : 68	veel <
3	<	20 : 38	20 : 50	<
4	=	20 : 20	20 : 20	=
5	<	20 : 75	20 : 32	<
6	>	42 : 20	42 : 20	>
7	<	20 : 41	20 : 26	<
8	>	28 : 20	40 : 20	>
9	iets <	20 : 20	20 : 20	<
10	<	20 : 20	20 : 20	=
11	=	20 : 20	20 : 20	iets <
12	>	33 : 20	61 : 20	>
13	>	35 : 20	33 : 20	>
14	iets <	20 : 20	20 : 20	=
15	=	25 : 20	30 : 20	=
16	=	20 : 20	20 : 20	=
17	>	38 : 20	70 : 20	>
18	=	20 : 20	20 : 20	=
19	=	20 : 20	20 : 20	=
20	<	20 : 32	20 : 40	<

In het kort zij hier nog vermeld wat de tabellen 1 en 3 te zien geven wat de ademvlekken en de relatieve doorgankelijkheid betreft.

In tabel 1.
alle studenten op 2 na.

In tabel 3.
alle personen uit den arbeiders- of boerenstand.

Ademvlekken.	Doorgankelijkheid.	Ademvlekken.	Doorgankelijkheid.
25 % L = R	5 % =	35 % L = R	30 % =
30 % L < R		40 % L < R	
45 % L > R		25 % L > R	

Men zie ook nog de conclusies in een volgend hoofdstuk.

HOOFDSTUK III.

Absolute doorgankelijkheid.

Hebben wij ons tot nogtoe slechts met de relatieve doorgankelijkheid der beide neushelften en neus-mondholte bezig gehouden en een maatstaf daarvoor gevonden, zoo is het toch niet onbelangrijk de absolute doorgankelijkheid te leeren kennen en daaruit meer positieve gegevens te trekken, dan met de tot nogtoe gevolgde methode het geval was.

Het spreekt van zelf, dat wij het begrip doorgankelijkheid streng moeten scheiden van doorgang, welk laatste de hoeveelheid lucht beteekent, welke onder allerlei verschillende, later aan te geven, verhoudingen passeert, terwijl doorgankelijkheid ons de meerdere of

mindere gemakkelijkheid, waarmee dit geschiedt, aangeeft.

De laatste vindt een eenvoudige uitdrukking in de hoeveelheid lucht, die zich per tijdseenheid door den onderzochten stroombaan beweegt, wanneer een bepaalde, steeds gelijk blijvende kracht haar voort drijft.

Ik heb mij dus niet ten doel gesteld de veranderingen na te gaan in elk der beide neushelften afzonderlijk, doch van den neus in toto en heb die bij verschillende personen bestudeerd, zoowel in zittende als in liggende houding bij kamertemperatuur, als ook in warme en koele vochtige lucht.

De toestel voor dit doel gebruikt, vinden wij beschreven door Zwaardemaker in zijne verhandeling „die Luftbrücke [1])", waaraan ik ook de volgende schematische afbeelding ontleen, die $^1/_5$ van de ware grootte is.

De glazen buis is 18 mM. wijd en 25 cM. lang.

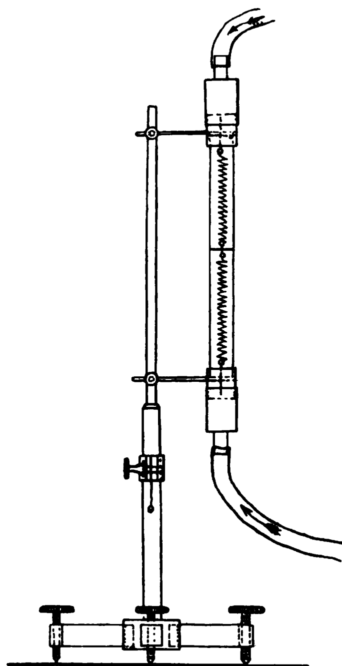
De toestel is voor mijn doel in dien zin veranderd, dat het aluminium schijfje, het „vaantje" zooals wij het noemen, kleiner is gemaakt. Het areaal van de spleetruimte tusschen vaantje en glazen buis is dus grooter geworden [2]), de gevoeligheid daarentegen is in diezelfde mate afgenomen.

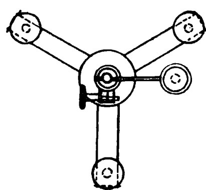
Dit is echter geen bezwaar, daar de toestel, zooals hij

---

1) Zwaardemaker, „Die Luftbrücke". Archiv f. Anat. u. Physiol. 1902.

2) Het areaal van de plaat in den ouden toestel was 43.56 mM^2.
„ „ „ „ „ „ „ nieuwen „ is 121.0 mM^2.





door Zwaardemaker beschreven is, voor respiratie proeven veel te gevoelig is. Ook de aanzetstukken van 10 mM. wijdte zijn weggelaten en is onder aan den toestel een wijde caoutchouc buis, eveneens van 18 mM. areaal verbonden, die op de reeds vroeger beschreven wijze met den neus, of mond, of eenig apparaat kan verbonden worden.

Deze toestel nu, welke ik Aërodromometer wil noemen, heb ik door middel van een natten gasmeter geijkt, welke ook op zijn beurt voor ik hem gebruikte aan eene nauwkeurige contrôle onderworpen is.

Zooals men weet heeft een dergelijke gasmeter aan de voorzijde, voor het bloote oog zichtbaar, een grof telwerk. Daar deze aflezing mij niet nauwkeurig voorkwam en ook met het oog op later te nemen experimenten, heb ik aan den achterkant om de as een houten schijf laten aanbrengen, die over den geheelen omtrek in honderd gelijken deelen verdeeld is en waarlangs men door middel van een vaststaand wijzertje de fijnere aflezing kan verrichten.

Op den gasmeter stond aangegeven, dat er bij een geheele omwenteling 7.14 L. lucht door passeert.

Ten einde de juistheid van deze opgave te contrôleeren, verbond ik de ingangsopening van den gasmeter met een gashouder in wiens bovenreservoir ik 10 L. water deed. Als uitkomst van de eerste proefneming vond ik 7.18 L., van de tweede juist 7.14 L. [1]).

1) Men moet er aan denken voor elk gebruik het schroefje onder aan

De Aërodromometer verbond ik nu zoodanig met de uitgangsopening van den gasmeter, dat de richting van den luchtstroom van beneden naar boven was als ik de exspiratie wilde ijken. Voor de inspiratie was de ingangsopening met den Aërodromometer in verbinding.

Om den gasmeter nu in beweging te brengen, was hij door middel van een lederen riempje dat over de asschijf kan loopen in contact met een uurwerk

Door dat laatste meer of minder te belasten kreeg ik ook grootere of kleinere uitslagen van het vaantje.

Ik zette de uitslagen van het vaantje op de x as van een coördinatenstelsel uit en op de y as de hoeveelheden lucht die per seconde door den gasmeter waren gegaan en kon zoodoende door graphische interpolatie alle tusschen gelegen waarden vinden. Na afloop van alle proeven ijkte ik nog eens op dezelfde wijze en vond geen verschil met de eerste ijkingskromme.

Ten slotte ijkte ik nog eens met soufflerie en verbond daartoe de ingangsopening van den gasmeter met een orgeltafel en den uitgang met den Aërodromometer zoodanig, dat de stroomrichting afwisselend van beneden naar boven als van boven naar beneden gericht was.

De op deze wijze verkregen kromme wijkt in geen enkel opzicht af van de vorige.

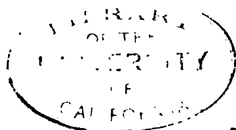
---

den gasmeter af te nemen, om het water te laten wegloopen, dat bij beweging van den meter, — vooral te vlugge — in het overstortreservoir loopt. Als dit geschied is, vult men den meter met water aan, totdat hij onderaan weer begint te loopen. Houdt dat op, dan sluit men alles weer af.

De aldus verkregen cijfers zijn:

Uitslagen van het vaantje.	Hoeveelheid lucht per seconde door den gasmeter gestroomd.
5	140 cM^3.
10	260
15	350
20	430
25	500
30	560
35	620
40	650
45	680
50	710

Allereerst trachtte ik nog eens met de nieuwe brug en den Aërodromometer verschillen op te sporen bij onderzoek van personen in zittende en liggende houding. De resultaten hiervan vindt men in den volgenden tabel.



Tabel 4.

	ZITTENDE HOUDING.						LIGGENDE HOUDING.					
	Ademvlek.	Brug.	Maximale doorgang in cub. cM. p. sec.		Maximale Lineaire snelheid in Meters.		Ademvlek.	Brug.	Maximale doorgang in cub. cM. p. sec.		Maximale Lineaire snelheid in Meters.	
N°.	L. R	L : R.	Exsp.	Insp.	Exsp.	Insp.	L. R.	L : R	Exsp.	Insp	Exsp	Insp.
1	L. < R.	20 : 20	60	120	0.2	0.5	L. < R.	20 : 20	260	430	1.	1.7
2	„ < „	20 : 20	170	380	0.7	1.5	„ < „	20 : 20	190	260	0.7	1.
3	„ = „	20 : 20	500	500	1.9	1.9	„ < „	20 : 20	650	560	2.5	2.2
4	„ > „	33 : 20	500	540	1.9	2.1	„ > „	61 : 20	260	430	1.	1.7
5	„ > „	33 : 20	190	430	0.7	1.7	„ > „	33 : 20	210	350	0.8	1.4
6	„ < „	20 : 20	120	140	0.5	0 6	„ = „	20 : 20	140	300	0.6	1.2
7	„ = „	25 : 20	170	350	0.7	1.4	„ = „	30 : 20	300	500	1.2	1 9
8	„ = „	20 : 20	430	500	1.7	1.9	„ = „	20 : 20	430	500	1.7	1.9
9	„ > „	38 : 20	300	500	1.2	1.9	„ > „	70 : 20	190	210	0.7	0.8
10	„ = „	20 : 20	140	260	0.6	1.	„ = „	20 : 20	300	300	1.2	1.2
11	„ = „	20 : 20	430	560	1.7	2.2	„ = „	20 : 20	350	350	1.4	1.4
12	„ = „	20 : 20	700	700	2.7	2.7	„ = „	50 : 20	560	500	2.2	1.9
13	„ = „	28 : 20	350	430	1.4	1.7	„ = „	28 : 20	350	350	1.4	1.4
14	„ < „	20 : 40	260	350	1.	1.4	„ < „	20 : 45	210	300	0.8	1.2
15	„ = „	20 : 30	300	260	1.2	1.	„ = „	20 : 20	500	430	1.9	1.7
16	„ = „	25 : 20	400	500	1.5	1.9	„ = „	25 : 20	260	350	1.	1.4
17	„ > „	20 : 20	350	500	1.4	1.9	„ > „	38 : 20	260	350	1.	1 4
18	„ = „	20 : 20	350	430	1.4	1 7	„ = „	20 : 20	350	430	1.4	1.7
19	„ < „	20 : 20	260	430	1.	1.7	„ < „	20 : 40	210	350	0.8	1.4
20	„ < „	20 : 38	260	430	1.	1.7	„ < „	20 : 43	210	260	0.8	1.

Bezien wij deze tabel nauwkeurig, dan valt het ons opnieuw op, dat bij deze menschen (patienten inw. resp. chir. afdeeling) veel meer gelijkheid van doorganke-

lijkheid der beide neushelften voorkomt. 55 % heeft gelijke doorgankelijkheid. De ademvlekken geven daarentegen een iets geringer percentage namelijk 50 % [1]).

Verder zien wij, dat de bepaling der ademvlekken niet altijd geheel gelijken tred houdt met de cijfers der doorgankelijkheid. Wanneer de ademvlekken gelijkheid aangeven is er soms wel degelijk ongelijkheid in doorgankelijkheid.

Ten derde valt op te merken, dat, zoo er ongelijkheid is en deze bij liggen toeneemt, de kant, die de wijdste was, ook de wijdste blijft.

In kolom 4 vinden wij den maximalen, niet den integralen doorgang in cub. cM. per seconde aangegeven.

Het somtijds aanzienlijke verschil tusschen ex- en inspiratie, hetgeen in de overgroote meerderheid der gevallen ten gunste van de inspiratie uitvalt, behoeft ons niet zoo buitengewoon te verwonderen. Het kan heel wel hiermede in verband staan, dat de maximale negatieve inspiratoire druk overweegt boven den maximalen positieven bij exspiratie, hetgeen Donders [2]) en Aron [3]) vonden.

---

1) Door den heer med. cand. Noyons, assistent der experimenteele physiologie, zijn de ademvlakken opgenomen van 100 schooljongens tusschen 6 en 13 jaar.

Hiervan hadden 28 % een linker stenose.
41 % een rechter stenose.
31 % was gelijk.

2) F. C. Donders. Onderz:, Physiol. Labor. Utrecht 15 R. 1849—1850, blz. 28.

3) E. Aron Virchow's Archiv. Bd. 129 s. 426. 1892.

Ook de kortere duur der inspiratie kan mede een oorzaak zijn, en verdere momenten, waarop ik later terug kom.

In kolom 5 vindt men de lineaire snelheid, welke ik bepaald heb, door het aantal cM^3 lucht per seconde te deelen door het grootste areaal van het systeem d. i. bij de in- of uitgang van de glazen buis, dus door 254.34.

Wel heb ik overwogen of ik niet de snelheid moest nemen ter hoogte van het vaantje en dus had moeten deelen door 121. Dan zouden alle getallen tweemaal grooter zijn geworden, maar hun onderlinge betrekking zou zich niet hebben gewijzigd.

In Heymanns Handbuch der Laryngologie und Rhinologie III Band. 1 Hälfte p. 440 en volgende vinden wij opgeteekend, wat door verschillende onderzoekers gevonden is betreffende difformiteiten van het septum.

De resultaten van allen te zamen genomen, komt men tot het volgende gemiddelde:

bij 43.5 % bestond eene afwijking van het septum naar links.

bij 47.5 % bestond eene afwijking van het septum naar rechts.

bij 9 % bestond geen afwijking van het septum.

De tweede afdeeling van de tabel geeft ons hetzelfde te zien, doch in liggende houding.

Wat de maximale doorgankelijkheid aangaat, vinden wij dat 40 °/₀ nauwer is geworden.

30 °/₀ wijder,

10 °/₀ is gelijk gebleven.

15 °/₀ wordt alleen exspiratoir ruimer.

5 °/₀ blijft exspiratie gelijk, terwijl inspir. nauwer wordt.

Ten einde warme, en koele vochtige lucht met elkaar te vergelijken, wat betreft hun invloed op de doorgankelijkheid van den neus, kreeg ik de toestemming, om in den Botanischen tuin alhier in een kas voor oostersche planten te experimenteeren, waar meestal een zeer hooge temperatuur heerscht. In de kelders van het Botanisch Instituut kon ik voldoende over koele vochtige lucht beschikken.

De volgende tabel geeft de resultaten bij 10 personen verkregen.

Tabel 5.

Nº.	IN KELDER.							IN KAS.						
	Temperatuur.	Ademvlek.	Brug	Maximale doorgang in cM^3 per sec.		Maximale lineaire snelheid in Meters.		Temperatuur.	Ademvlek.	Brug	Maximale doorgang in cM^3 per sec.		Maximale lineaire snelheid in Meters.	
		L R	L : R	Exsp.	Insp.	Exsp.	Insp.		L : R	L : R	Exsp.	Insp.	Exsp.	Insp.
1	15ºC	L < R	21 : 20	210	330	0.8	1.3	28.5	L > R	40 : 20	280	350	1.1	1.4
2	15	„ = „	35 : 20	315	480	1.2	1.9	28.5	„ = „	20 : 20	380	480	1.5	1.9
3	13.5	„ < „	20 : 28	500	500	1.9	1.9	29	„ < „	20 : 20	260	500	1.	1.9
4	13.5	„ > „	28 : 20	300	500	1.2	1 9	29	„ = „	22 : 20	300	500	1.2	1.9
5	15	„ < „	20 : 70	350	470	1.4	1.9	22	„ < „	20 : 88	260	350	1.	1.4
6	13	„ = „	20 : 20	140	350	0.6	1.4	27	„ = „	20 : 20	190	530	0.8	2.1
7	14	„ < „	20 : 35	260	430	1.	1.7	27.5	„ > „	40 : 20	260	500	1.	1.9
8	14	„ > „	55 : 20	260	170	1.	0.7	27.5	„ > „	40 : 20	280	500	1.1	1.9
9	14	„ < „	20 : 90	120	260	0.5	1.	27.5	„ < „	20 : 66	260	500	1.	1.9
10	13	„ > „	28 : 20	325	420	1.2	1.7	26	„ > „	38 : 20	340	500	1.3	1 9

Uit deze tabel komen wij tot de conclusie dat 70 % een doorgankelijker neus krijgt in de warme vochtige lucht; 20 % wordt nauwer en 10 % blijft gelijk.

Het ware echter mogelijk, dat men in de warme lucht grootere respiratie-bewegingen zou maken. Ik meen echter te mogen aannemen, dat dit niet het geval is.

Ik heb namelijk bij mijzelf en bij een ander proefpersoon de proef herhaald en tevens op een kymographion de respiratie-bewegingen geregistreerd.

Tabel 6.

		Temperatuur.	Maximale doorgang in cub. cM. per sec. Exsp.	Insp.	Maximale lineaire snelheid in Meters. Exsp.	Insp.	Stethographie met lens-kapsel van Brondgeest.
Proefpersoon A	kelder	17° C	350	420	1.4	1.7	kelder > kas.
	plantenkas	35° C	400	560	1.5	2.2	
Proefpersoon B	kelder	17° C	190	430	0.7	1.7	kelder > kas.
	plantenkas	35° C	230	480	0.9	1.9	

De grootere respiratie is vermoedelijk een reguleermiddel om het ademvolumen weer gelijk te maken.

De verwijding in de kas zal waarschijnlijk geheel afhankelijk zijn van de hoogere temperatuur, want bij de proeven met de glazen vaten, waarin de lucht een drooge gewaarwording te voorschijn riep (een aanslag werd niet gezien, noch op de metalen, noch op de glazen deelen) bleek eveneens verruiming van den neus het gevolg.

Ik ben ook in de gelegenheid geweest twee honden aan de proef te onderwerpen en kon bij een van hen een duidelijk waarneembare verwijding in warme lucht constateeren. De juiste cijfers zijn niet opgenomen.

Als wij ten slotte van die 30 personen (tabel 4 en

5 samengenomen) de gemiddelde maximale lineaire snelheid bepalen, zoo vinden wij

1.18 M. per seconde voor de Exspiratie
en 1.6 M. „ „ „ „ Inspiratie.

Ten slotte heb ik nog bij eenige personen de uitslagen van het vaantje bestudeerd afwisselend bij neusademhaling alleen en bij neus-mondrespiratie en vond in het laatste geval de uitslagen steeds grooter.

HOOFDSTUK IV.

Ademgrootte.

Toen de vraag zich had voorgedaan met welke snelheid de lucht zich bij kalme respiratie beweegt, vonden wij in den Aërodromometer een toestel, die daarop althans voor de maximale snelheid een bevredigend antwoord kon geven. Algemeener is dit vraagstuk op een andere wijze op te lossen, wanneer wij — hetgeen geoorloofd is — de wetten der hydrodynamica toepassen op luchtstroomen.

De Aërodromometer berust eigenlijk op een zeer oud principe, hetgeen wij reeds bij Pitot in 1735 [1]) vermeld vinden.

Deze oude Fransche onderzoeker zegt: „Le seul moyen „dont on s'est servi jusqu'à présent pour mesurer la „vîtesse des eaux courantes, est de jetter dans le cou„rant un morceau de bois ou une boule de cire et de „mesurer le chemin parcouru par le morceau de bois

1) Pitot. Description d'une machine pour mesurer la vîtesse des Eaux courantes, et le sillage des Vaisseaux. Histoire de l'academie Royale des Sciences An 1735 p. 363.

„ou la boule de cire dans une ou plusieurs minutes."

Ook het vaantje van onzen Aërodromometer is gemodificeerd een licht voorwerpje, dat zich in den luchtstroom bevindt en meegesleept wordt. Men begrijpt gemakkelijk, dat aan de oude methode van de boule de cire heel wat grooter fouten kleven dan bij ons vaantje het geval is. Het houten blokje toch of de boule de cire worden, doordat zij op de oppervlakte van het water drijven, door de luchtstroomingen in hun vaart tegengehouden. Een ander veel grooter bezwaar is, dat er slechts aan de oppervlakte een zekere snelheid gemeten kan worden, terwijl die van de diepere lagen niet te bepalen zijn. Dit heeft het vaantje voor, dat het in den stroom hangt.

Pitot heeft nog een ander toestel vervaardigd waarmede hij de snelheid van een waterstroom kon meten, dat door alle latere tijden zijn naam is blijven dragen.

Stel U voor twee glazen buizen, welke dicht naast elkander geplaatst waren tegen een houten plank, waarop een schaalverdeeling. De eene buis is van onder rechthoekig omgebogen en de andere is aan het ondereinde recht afgesneden. Zet men nu dezen toestel in in een stoomende vloeistof zoodanig, dat het omgebogen buiseinde tegen den stroom ingericht is, dan zal het water in deze buis stijgen tot een hoogte boven de den waterspiegel afhankelijk van de stroomsnelheid.

In de andere buis stijgt de vloeistof tot aan het waterniveau.

Voor de explicatie van dezen toestel laat ik hier het heldere betoog van Pitot volgen:

„Il n'y a personne qui avec une legere connoissance „de la théorie du mouvement des eaux ne con„çoive sur le champs l'effet de cette Machine; car „suivant les premiers principes de cette science, on doit „considérer la vîtesse des eaux courantes comme une „vîtesse acquise par leurs chûtes d'une certaine hautur, „et qui si l'eau se meut de bas en haut avec une „vîtesse toute acquise, elle montera précisément à la „même hauteur, ou à une hauteur égale à celle de la „chûte, d'où elle aurait dû tomber pour acquérir cette „vîtesse.

„De plus la force de l'impulsion de l'eau par sa „vîtesse est toujours égale au poids d'un solide d'eau „qui aurait pour base la surface choquée, et pour „hauteur celle d'oû l'eau auroit dû tomber pour acquérir „cette vîtesse. Donc l'eau doit monter dans le Tuyau „de notre machine par la force d'un courant, précisé„ment à la hauteur d'où elle auroit dû tomber pour „former ce courant.

. . . .

„Mais les élévations ou ascensions de l'eau dans notre „Tube étant égales aux chûtes, il s'enfuit que les vîtesses „des courants seront en raison sousdoublée des éléva„tions de l'eau, et que par conséquent les élévations „sont en raison doublée, ou comme les quarrés des „vîtesses."

Bossut [1]) paste de méthode van Pitot toe in 1786. Na hem Marey [2]) en ook Cybulski [3]) bracht haar in toepassing bij zijne bepaling der stroomsnelheid van het bloed in de vaten met zijn Photohämotachometer [4]). Zoo heb ook ik den ouden Franschman gehuldigd en zijn vernuftige uitvinding in toepassing gebracht voor het meten van luchtstroomen, en wel voornamelijk ter bepaling van de ademgrootte.

Ik heb daartoe een koperen buis genomen van 23.5 mM. wijdte en 30 cM. lang (zie figuur) Door den wand zijn dicht naast elkander twee eveneens koperen buisjes gestoken van 3.2 cM. lang en een lumen van 3 mM. middellijn en aan wier zijwand een opening is gemaakt. Deze openingen bevinden zich nu halverwege tusschen as en wand en het lumen van de groote buis, de eene stroomopwaarts, de andere stroomafwaarts. De naar buiten stekende einden zijn verbonden met een eigenaardigen verklikker.

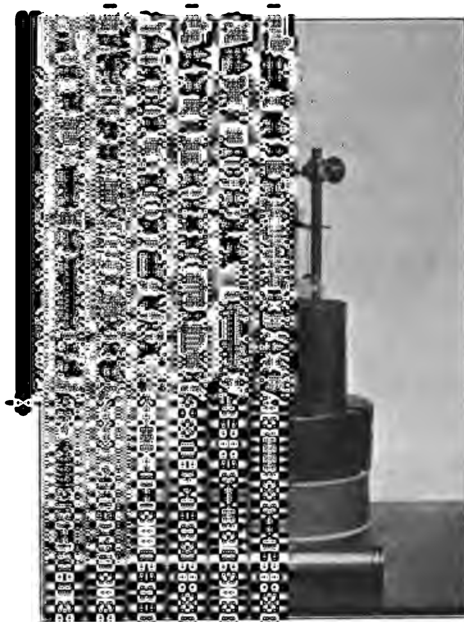
---

1) Bossut. Traité théorique et experimental d'Hydrodynamique. Tome II. p. 276. fig. 57 pl. V.

2) E. J. Marey. La méthode graphique p. 236.

3) N. Cybulski. Die Bestimmung der Stromgeschwindigkeit des Blutes in den Gefässen etc. Pflügers Archiv Bd. 37. pg 382.

4) Ook O Frank pastte de Pitot'sche buisjes toe ter bepaling der stroomsnelheid van het bloed. Zie Zeitschr. f Biologie Bd. 37. s. 1. 1898.



[illegible] metalen bakje steken twee [illegible] midden van het bakje ge- [illegible] ombuigen. Over deze [illegible] okjes van gelatine, welke [illegible] inium naald, die op haar [illegible] d is.

[illegible] dt zich ligroine tot zoover, [illegible] ergedompeld zijn.

[illegible] uis wordt nu een sterke [illegible] d met een neus-mondkap [illegible] r eenigen weerstand kan

respireeren Men begrijpt, dat bij exspiratie het proximale klokje gevuld zal worden met lucht, waarop de wijzer naar beneden gaat, en dat bij inspiratie het tegenovergestelde plaats heeft.

De geheele inrichting moet aan de volgende voorwaarden voldoen:

1. Moet de buis waardoor men respireert liefst ruimer genomen worden dan 18 mM. en moet het gedeelte van het buisje dat in haar lumen uitsteekt, zoo klein mogelijk zijn. Is dat niet het geval, doch neemt het daarentegen een vrij groote plaats in, zoo zal bij het stroomen van de lucht proximaal een opstuwing komen en dus grooter druk dan distaal en zoo er een manometer in het stelsel was opgenomen, zou deze dien meerderen druk aangeven. Was de druk zonder stroom zoo zou de ijkingsfiguur een rechte lijn zijn, die schuin oploopt.

   Nu is er stroom met druk en is dus de kromme niet zoo mooi en mathematisch zuiver als wanneer er stroom is zonder druk, hetgeen Pitot had bij de meting der stroomsnelheid van rivieren.
2. Moeten de Pitot'sche buisjes liefst haar opening integraal in het lumen der buis hebben, opdat wij een gemiddelde snelheid kunnen vinden.
3. De klokjes moeten zoo licht mogelijk zijn. Wij hadden hen eerst van dun glas, doch gelatine bleek beter te zijn.

4. Moet de vloeistof waarin de klokjes gedompeld zijn zeer licht zijn. Dit is van groot voordeel.

   Is P het gewicht van het klokje, dat bijv. 2 cM. ingedompeld is in een vloeistof, waarvan het S. G. s is, dan is het gewicht van dit ingedompelde klokje P — 2 p s, waarin p het volumen voorstelt van de door het 1 cM. ingedompelde klokje verplaatste vloeistof.

   Dompelen wij nu het klokje in een vloeistof met S. G. $= s_2$, zoodat $s_2 > s_1$ is, dan zal het indalen over een afstand x. Alle overige omstandigheden dezelfde latende, zal

   $$P - 2\, p_1\, s_1 = P - x\, p_2\, s_2.$$

   x wordt dan kleiner dan 2. Omgekeerd hoe kleiner s_2 is hoe grooter x, en dus ook de excursies van de schrijvende naald.
5. Het draaipunt van de schrijvende naald en de ophangpunten van de klokjes liggen op één lijn [1].
6. De naald zij zoo dun en licht mogelijk.

Tusschen de Pitot'sche buisjes en het bakje heb ik een wisselaar aangebracht, zoodat elk der klokjes afwisselend met de buisjes in verband kan gebracht worden.

Aanvankelijk ijkte ik den toestel op dezelfde wijze,

1) Men kan de klokjes ook ophangen aan een licht juk, zooals van een balans. In het midden van dit juk hangt naar beneden toe een staafje waaraan een klein gewichtje om de spoedige instelling van de naald te bewerkstelligen.

waarop ik den Aërodromometer geijkt heb, nl. met soufflerie. Ik verkreeg daarmede slechts de exspiratie. Oppervlakkig beschouwd, zou men zeggen, dat de inspiratie toch geijkt had kunnen worden door de orgeltafel slechts te verbinden met het andere einde van de respiratie buis.

Dit mag men à priori niet aannemen.

Ik heb dus de Inspiratie op een andere manier geijkt en wel door een pneumatischen toestel van Waldenburg.

Deze direct aan de Pitot'sche buisjes verbonden, bleek niet goed te zijn voor mijn doel. De luchtstroom was eenigszins onregelmatig, doordat het water in den toestel de gashoudende trommel wat deed schommelen en de aflezing was te grof. Het bleek dus gewenscht de gasmeter er tusschen te nemen.

De snelheid waarmede de lucht uitgedreven wordt is verschillend met eenzelfde belasting. Ik heb er naar gestreefd de indompelingen gelijk te nemen.

Ik kreeg aldus weer een kromme, zoodat ik door graphische interpolatie de andere waarden kon vinden.

Met den Waldenburgschen toestel ijkte ik de Inspiratie en de Exspiratie. Deze lijnen bedekken elkaar volkomen, als ook die verkregen voor de exspiratie met soufflerie.

Op de x as zette ik op millimeterpapier telkens op afstand van 1 cM.: 100, 200, 300 enz. cM^3.

Aan 570 cM^3 beantwoordde nu een ordinaat van 6 mM.

Aan 840 M^3 een van 12 mM. en
„ 890 „ „ „ 13.5 „

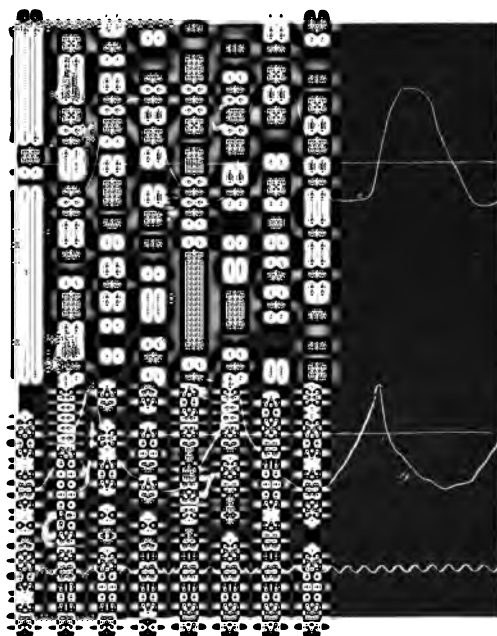
Wij hebben echter willens en wetens een fout gemaakt, doordat wij geijkt hebben met een constanten luchtstroom in plaats van met een telkens wisselenden zooals de ademhaling. Onze toestel heeft een zekere traagheid te overwinnen en stelt niet in eens in; knijpen wij telkens de toevoerende buis dicht, dan zien wij dat de uitslag minder is.

De Aërodromometer is in dit opzicht goed. Deze stelt altijd oogenblikkelijk op het maximum in, dat aan een bepaalde stroomsnelheid beantwoordt. Het ware dus te wenschen, de Pitot'sche buisjes later nog eens te ijken met eene inrichting, die de ademhaling kunstmatig nabootst. [1])

Van de vele curven, die gemaakt zijn, laat ik hier een stukje volgen A geeft de kromme aan, geschreven door den naald van de Pitot'sche buisjes. B is de registratie der respiratie [2]), C de tijd.

---

1) Reeds is in het Laboratorium hiermede een aanvang genomen.
2) Om de borstkas werd een pneumograph van Marey aangebracht.



[illegible] iervoor reeds vermeld, [illegible]. Ik heb nl. synchrone [illegible] anneer het nu goed [illegible] B juist overeenkomen [illegible] met de nullijn, daar [illegible] aar rust is, waar dus [illegible] ex- en inspiratie in [illegible] curve B geven juist [illegible] orstkas bij de gewone [illegible] r niet volmaakt syn- [illegible] echter eenigszins ver-

beteren, door de verbinding der Pitot'sche buisjes met het ligroin-reservoir zoo kort mogelijk te maken.

De duur der respiratiephasen heb ik zeer verschillend gevonden. Nu eens was de exspiratie langer dan de inspiratie, dan weer gelijk of omgekeerd. Het berekenen der curve heb ik op tweeërlei wijze gedaan.

Voor dat ik de wijde respiratiebuis in gebruik nam, had ik er een van 18 mM. wijdte. De uitslagen hiermede verkregen waren enorm groot en kon ik dus gemakkelijk weegproeven doen. Ik trok 20 exspiratie figuurtjes over en ook evenzooveel inspiratie figuren en woog die. Het gewicht van 1 dM.² overtrekpapier wetende, kon ik uit het gewicht van een figuurtje en zijn gemiddelde lengte van basis, zijn gemiddeld oppervlak berekenen, en de ordinaat. Eene andere wijze van berekenen, die vooral met kleinere figuurtjes als deze curve te zien geeft, nauwkeuriger is, bestaat hierin, dat ik voor elke milimeter, dat de basis van mijn figuurtje lang is, op de ijkingsfiguur de daarbij behoorende ordinaat opzoek en zoo tot een aantal waarden kom. Zoo vond ik voor drie exspiratie figuurtjes

1e exspir. figuur.	2e	3e
180	180	240
300	350	300
350	430	400
430	450	450
400	450	450

400	450	450
350	430	430
300	400	400
180	300	300
2890	3440	3420
9 ——	9 ——	9 ——
321 cM³	382	380

gemiddeld alzoo 361 cM³.

Voor drie Inspiratiefiguurtjes

1e figuur	2e figuurtje	3e figuurtje
230	280	480
410	440	540
500	540	540
500	540	540
540	540	540
540	540	560
540		
500	500	
480	440	500
410		440
4650	3820	4140
10 ——	8 ——	8 ——
465	477.5	517.5

gemiddeld 486.6.

Opvallend is het verschil in hoeveelheid tusschen de in- en exspiratie. Ik vond dat verschil bij mij constant. Daar ik te weinig andere personen onderzocht heb, wil

ik mij hierover niet uitlaten als alleen, dat ik het ook wel bij anderen bespeurd heb.

Neus en mondademhaling te zamen heb ik ook meermalen geregistreerd en noem hier alleen maar cijfers:

Bij exspiratie 470 cM^3.

„ inspiratie 500 cM^3.

Wat mij wel opviel is dat, dat het verschil bij neus en mondademhaling samen veel geringer was.

De lineaire snelheid in Meters uitgedrukt is dus bij ademhaling door

neus alleen	voor Exspiratie	$\frac{361}{433.32}$ [1]	= 0.83 M. per seconde.
	voor Inspiratie	$\frac{486.6}{433.32}$	= 1,12 M. „ „
neus en mond	voor Exspiratie	$\frac{470}{433,82}$	= 1,08 M. „ „
	voor Inspiratie	$\frac{500}{433.32}$	= 1.15 M. „ „

---

1) 433,32 is het areaal van de respiratiebuis.

CONCLUSIES.

Conclusies.

Aan het einde van mijn werk gekomen, wil ik in het kort vermelden, welke gevolgtrekkingen ik uit mijne experimenten meen te mogen trekken.

1°. Herhaal ik nog eens, dat de stroombaan, die de lucht neemt, slechts een klein deel is van de geheele ruimte, welke de neus aanbiedt. Deze is stellig veel grooter, en het deel, dat niet voor de ademhaling gebruikt wordt, is als doode ruimte te beschouwen.

Terwijl Kayser voor dien stroombaan 40 mM.² vond voor rechts en links afzonderlijk, verkreeg ik waarden, die tusschen 17 en 43 mM.² inliggen.

De uitwendige opening van den neus wordt ook niet in haar geheel door de binnenstroomende lucht ingenomen. Deze porte d'entrée wordt door Ewald [1]) opgegeven als te bedragen 2 cM.² voor beide neusgaten samengenomen.

Mendel daarentegen vindt als gemiddelde voor elk neusgat afzonderlijk 120 à 157 mM.², voor beide dus 240 à 314 mM.².

---

1) Ewald. Archiv f. d. Ges. Physiologie. Bd XIX S. 461.

2) Mendel. Physiologie et Pathologie de la Respiration nasale pag. 61.

Evenals de proef van Fick aangeeft, dat de reukstof alleen gepercipieerd wordt, wanneer men die in het voorste deel van den neusweg laat toetreden, zoo heb ik ook iets dergelijks gevonden voor den ademweg. Ik heb namelijk gezien, dat wanneer ik een dun buisje, dat aan den Aërodromometer verbonden was, vóór in mijn neusgat aanbracht, de uitslag van het vaantje veel grooter was, dan wanneer ik dat buisje achter aan het neusgat naar binnen stak.

2°. Vond ik reeds met de oude luchtbrug, dat de verschillen in doorgankelijkheid van de eene neushelft ten opzichte van de andere nog al aanmerkelijk konden zijn.

Had ik daarentegen in den eenen brugarm den geheelen neusweg opgenomen, in den anderen den mondweg, zoo was de ongelijkheid over het algemeen genomen veel geringer en bleek het, dat de lucht zich nu gelijker over beide wegen verdeelde.

Al is het aannemelijk, dat van de twee, de neusweg de voornaamste is, zoo kan toch de mond in ruime mate aan de luchtbehoefte voldoen.

Niet alleen, dat hij dit in voldoende mate doet, doch ook sneller en het is dan ook voor een redenaar noodzakelijk, dat hij onder het spreken telkens door neus en mond samen respireert. Ademt hij alleen door den neus, zoo wordt zijn rede telkens afgebroken en gaat hij volgens Gutzmann hakkelen. Een voordeel is het nog, dat hij dan ook wat meer lucht krijgt dan de

neusweg alleen hem kan verschaffen. Ik vond toch bij mij zelf voor neusademhaling alleen gemiddeld 423.5 cM^3 en voor neus- en mondademhaling samen 485 cM^3. Zonder nu de juiste cijfers op te kunnen geven, was de neus- en mondrespiratie bij alle onderzochte personen grooter dan de neusrespiratie op zich zelf.

Wat voor een redenaar waar is, is voor een zanger eene conditio sine qua non.

De mondrespiratie is dus begrijpelijkerwijze noodzakelijk in de therapie van het stotteren.

3°. Vermeld ik hier het zeer merkwaardige feit, dat warme lucht in strijd met de algemeene opinie en ook dikwijls met het subjectieve gevoel eene verwijding van den neus bewerkt.

Het gevoel van oppressie, dat men bespeurt in een plantenkas, waar de temperatuur ongeveer 30° is, werd door de proefpersonen meestal ook in den neus gevoeld. In strijd met Mink meen ik niettemin te mogen aannemen, dat in vele gevallen (het aantal door mij onderzochte personen was gering) een verwijding in warme lucht optreedt, hetzij die lucht droog of vochtig is. Een hond vertoonde hetzelfde verschijnsel. Dat het niet gelegen is in grootere adembewegingen in de warmte, toonde ik graphisch aan. Bij twee personen waren de respiratiebewegingen in de koude lucht grooter dan in de warmte. Niettemin was de maximale doorgang in den laatsten aanzienlijker.

Omtrent de oorzaak van de verwijding waag ik het niet hier in beschouwingen te treden.

4. De maximale inspiratorische stroomsnelheid is grooter dan de maximale exspiratorische.

Er moet echter opgemerkt worden, dat de stuwkracht in de beide gevallen niet volmaakt dezelfde is. Donders vond de inspiratoire druk in den Pharynx = — 0.38 mM. Hg. en de exspiratoire druk = + 0.30 mM. Hg.

De exspiratie heeft dus onder geringere voortbewegingskracht plaats en het kan niet verwonderen, dat een kleinere maximale exspiratoire stroomsnelheid wordt verkregen. De oorzaak van dit verschijnsel kan niet in de neuswijdte als zoodanig gelegen zijn, want mijne onderzoekingen op graphisch terrein met den dubbelen pistonrecorder, hebben nimmer wisselingen in neuswijdten bij inspiratie en exspiratie aan het licht gebracht. Steeds vond ik, ook bij stenose, gelijktijdig evenwicht voor in- en exspiratie.

Ook kan het niet daarin gelegen zijn, dat de Aërodromometer slechts aan éénen kant gebruikt zou zijn. Ik heb hem aan beide kanten geijkt. Dat wil dus zeggen, bij den eenen stand werd de respiratiebuis nu eens onderaan verbonden, zoodat de exspiratiestroom van beneden naar boven ging, de inspiratie van boven naar beneden, dan van boven verbonden, zoodat de exspiratie van boven naar beneden ging en de inspiratie omgekeerd. Hetzelfde werd herhaald terwijl de buis van den Aëro-

dromometer omgekeerd werd. Dit laatste werd gedaan, omdat de veertjes, waaraan het vaantje opgehangen is, wel eens verschillend gespannen konden zijn. In beide standen was echter het nulpunt hetzelfde.

5. De ademgrootte met de Pitot'sche buisjes bepaald is exspiratoir kleiner dan inspiratoir.

Dit is voorzeker een hoogst opvallend verschijnsel dat, zoo het op zich zelf stond weinig belang zou hebben, omdat de Pitot'sche buisjes bij mijne tegenwoordige ijkingsmethode nog een onvolkomen instrument is. In verband echter met het in sub 4 genoemde, moet ik besluiten, dat het waarschijnlijk niet aan eigenaardigheden der toestellen gelegen is, maar met de respiratie direct in verband staat.

Ik voor mij hecht meer aan het feit, dat ik de Inspiratie steeds aanzienlijker vond dan de Exspiratie, dan wel aan de cijfers. Zooals gezegd, is de methode nog onvolkomen en is het wenschelijk, dat nadere onderzoekingen dat merkwaardige verschijnsel zullen bevestigen.

Het is mij later gebleken, dat het grooter zijn van het inspiratoire luchtvolumen reeds vroeger gevonden is. Ludwig [1]) zegt, „Das Volum der ausgeathmeten „Luft ist geringer, als das der eingeathmeten. Diese

1) C. Ludwig. „Lehrbuch der Physiologie des Menschen" 1861. Bd. II. S. 539.

„Thatsache, welche Lavoisier entdeckt hat, haben alle „genaueren Beobachter nach ihm bestätigt."

De oorzaak zou daarin gelegen kunnen zijn:

a. dat de inspiratoire zuiging aanmerkelijker is dan de exspiratoire druk, hetgeen toch een kleine complicatie verschaft.

b. dat waterdamp in den toestel neerslaat, die aan het exspiratie-volumen onttrokken wordt.

c. daarin, dat misschien de O absorptie grooter is dan de CO_2 afgifte.

6°. Wil ik betreffende de pathologie opmerken:

a. Zoo er ongelijkheid tusschen de beide neushelften is en deze wordt bij liggen op den rug niet grooter of kleiner, zoo kan men tot een beenige stenose besluiten.

b. Wordt daarentegen de ongelijkheid grooter of ontstaat zij juist door liggen, zoo is het zeer aannemelijk een uitzetting der mucosa, vooral van de cauda conchae inferioris aansprakelijk te stellen.

c. Een groote variabiliteit in een kort tijdsbestek doet locale vasomotorische stoornissen vermoeden.

d. Bij aanwezigheid van algemeene neurasthenische verschijnselen voert de vaststelling van sub *c* tot de diagnose vasomotorische neusasthenie.

e. Ventielwerking is bij mijn proefobjecten niet gevonden, wel nu en dan een schijn daarvan, wanneer de gezamenlijke wijdte van de brugopeningen te klein was gekozen voor de oogenblikkelijke adembehoefte van het individu.

STELLINGEN.

STELLINGEN.

I.

Slechts een zeer klein gedeelte der beschikbare ruimte in den neus wordt als ademweg gebruikt.

II.

In tegenstelling met Mink is het waarschijnlijk, dat warme lucht een verruimenden invloed op den neus heeft.

III.

Het onderzoek met de luchtbrug geeft een juister indruk van de meerdere of mindere doorgankelijkheid van de eene neushelft boven de andere, dan het rhinoscopisch beeld.

IV.

Groote variabiliteit in doorgankelijkheid in een kort tijdsbestek, gepaard aan algemeene neurasthenische symptomen, voert tot de diagnose Vasomotorische Neurasthenie.

V.

Het corpus vitreum is, behalve van mesodermalen, ook van epithelialen oorsprong.

VI.

Ten onrechte beweert Browicz dat de „Saftkanälchen" van Holmgreen in verband staan met de bloedvaten.

VII.

Aangezien de theorie, die het ontstaan van carcinoom op atypische woekering van kiem- of epitheelcellen laat berusten, op positieve experimenteel gewonnen feiten kan wijzen, en de infectie-theorie dit niet vermag, verdient de eerste de voorkeur.

VIII.

Behalve isoleering, behooren als prophylaxis tegen acute exanthematische infectie-ziekten inhalaties te worden toegepast.

IX.

De percutorische transsonantie is geen goede methode ter bepaling van de grootte van de maag.

X.

De genezing van beenbreuken wordt bevorderd door toediening van schildklier-praeparaten.

XI.

Een extra-uterine vruchtzak met levende vrucht vóór de vijfde zwangerschapsmaand behoort langs operatieven weg verwijderd te worden.

XII.

Na vergeefsche sondebehandeling bij Blennorrhoea sacci lacrymalis, is de exstirpatie van den traanzak gewenscht.

